ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 AVRIL 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

L'Académie des Sciences vient d'avoir la douleur de perdre un de ses Correspondants les plus distingués, M. le colonel **Vallier**, décédé à Versailles le 29 mars 1921.

M. Vallier, entré à l'École Polytechnique en 1869, en était sorti dans l'artillerie. Ses remarquables travaux de balistique extérieure l'avaient fait élire Correspondant de l'Académie en 1895.

Il fut longtemps membre de la Commission de Gavre qui, dans un champ de tir situé près de Lorient, fait depuis beaucoup d'années de nombreuses expériences avec les plus puissantes pièces d'artillerie.

Sarrau, dans son Rapport sur les travaux de M. Vallier, insistait sur la difficulté considérable des problèmes relatifs à la courbe balistique, même lorsqu'on ne considère qu'un point matériel. La difficulté réside à la fois dans l'interprétation des équations du mouvement et dans la détermination préalable d'une expression représentant la résistance de l'air en fonction de la vitesse dans toute l'étendue concernant la pratique. Cette difficulté s'accroît lorsque l'on considère, au lieu d'un point, un solide présentant une forme ogivale, forme de tous les projectiles actuels.

Les commissions spéciales se sont efforcées depuis longtemps d'établir, à l'aide des seules données fournies par l'observation, des relations empiriques entre les vitesses initiales, les angles de départ et les portées. C'est ainsi qu'elles dressent les tables de tir pour le service réglementaire de l'artillerie.

Le problème théorique n'en conserve pas moins une grande importance, surtout pour les projets de nouveaux canons plus puissants que les anciens. Ces recherches permettent d'ailleurs, surtout pour les canons de gros calibres, de ne pas multiplier des expériences toujours très coûteuses.

Aussi ces études théoriques ont été abordées en France et à l'étranger par de nombreux savants : en France, en particulier, M. le général Didion avait été un précurseur dans cet ordre d'idées. M. Vallier proposa d'abord pour le projectile ogival une formule nouvelle de la résistance de l'air en s'appuyant sur d'anciens travaux d'Athanase Dupré : il montra que cette formule concorde avec les expériences connues à cette époque. Il introduisit ensuite cette expression de la résistance de l'air dans les équations balistiques et il en déduisit les formules permettant de calculer les divers éléments du tir et d'en vérifier l'accord avec l'expérience : cet accord est satisfaisant, notamment pour les canons français de 24^{cm}.

M. Vallier compléta ces recherches de diverses manières en vue des applications et donna des indications très nettes sur les méthodes expérimentales qu'il convient d'employer pour dresser les tables de tir. On y reconnaît à la fois l'habileté mathématique de l'auteur et sa préoccupation d'en faire profiter la pratique.

On sait que dans ces dernières années un de nos Correspondants, M. le comte de Sparre, s'est occupé avec succès de ces mêmes questions pour les pièces nouvelles à très longue portée.

Le nom de M. le colonel Vallier restera associé à ceux de ces officiers d'élite sortis de l'École Polytechnique qui appliquent toutes les ressources d'une solide éducation scientifique au perfectionnement de notre armement national, en ne séparant jamais les recherches théoriques des questions pratiques. La dernière guerre a montré combien la France peut être fière de son artillerie.

ZOOLOGIE. — *Sur un Ouvrage relatif à la Faune française.*
Note de M. E.-L. **Bouvier**.

Un volume relatif à la « Faune française » vient d'être publié par l'Office faunistique de la Fédération française des Sciences naturelles. Cet Ouvrage, consacré aux *Échinodermes,* est dû à la plume de M. le professeur R. Kœhler, qui connaît mieux que personne les animaux de ce groupe. Comme chacun des volumes de la future collection, il permettra d'iden-

tifier aisément toutes les espèces françaises du groupe dont il traite, et renferme à cet effet un bref exposé des caractères de ce groupe, des Tables dichotomiques très claires, des descriptions spécifiques concises, de nombreuses figures et des notions intéressantes sur l'éthologie de chaque espèce. On n'avait jamais rien tenté de semblable en France, rien qui fût à la fois simple et scientifique, c'est-à-dire propre à favoriser sûrement le goût de la Zoologie; les botanistes avaient des flores, les zoologistes ne possédaient rien qui pût les aider à la connaissance des faunes.

C'est la première fois que se manifeste, par un résultat évident, l'efficacité des groupements scientifiques qui se sont établis depuis la guerre sous les auspices de notre Académie; et c'est à l'Académie elle-même qu'on doit ce résultat, puisque c'est grâce aux subsides des fonds Bonaparte et Loutreuil que la jeune Fédération des Sciences naturelles a pu se mettre immédiatement au travail. Si, comme je l'espère, l'Académie soutient encore quelque peu cette œuvre, l'Office faunistique de la Fédération pourra bientôt marcher sans secours au moyen de la vente des volumes offerts au public. Je pense vous présenter dans quelques semaines celui des Oiseaux et l'on prépare actuellement celui des Insectes orthoptères; d'autres seront mis ensuite sur le chantier.

Il faut exprimer de la gratitude à M. de Beauchamp, professeur à la Faculté de Dijon, qui a bien voulu accepter la direction de l'Office faunistique. C'est une lourde charge qui exige de l'activité, de la méthode, de profondes connaissances et un réel désintéressement; il s'en acquitte à merveille et mérite, de ce fait, la reconnaissance des zoologistes.

OPTIQUE. — *Sur le calcul du coma.* Note (¹) de M. G. Gouy.

Le calcul publié récemment (²) suppose que l'onde émise du point A_1 de l'axe est, comme toujours, à peu près sphérique quand elle vient former son foyer. L'expression du coma, exacte quand l'aberration suivant l'axe est nulle, est seulement très approchée quand cette aberration est sensible.

Il est bon d'évaluer cette approximation. On obtient exactement la courbe tracée par les rayons passant par les points G, en multipliant le diamètre δ du cercle dans le plan des xy, ainsi que le second terme de l'abscisse x_0,

(¹) Séance du 29 mars 1921.

(²) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 632.

par le facteur

$$1 - \sin u_2 \frac{dR}{dr},$$

où R désigne la longueur du rayon lumineux entre le point C_2 et l'axe, les autres notations restant les mêmes.

Ce facteur diffère très peu de l'unité ([1]); ainsi, par exemple, pour une lentille simple d'ouverture $\frac{f}{15}$, l'erreur relative est de un ou deux millièmes. A plus forte raison pourra-t-on la négliger pour un instrument mieux corrigé.

GÉOLOGIE. — *Sur un nouvel exemple de striage du lit fluvial.* Note de M. **Maurice Lugeon**.

Il y a quelques années, en parcourant les rives de la Yadkin, dans la Caroline du Nord, je découvris, au lieu dit les « Falls », près Whitney, dans la région de la pénéplaine appalachienne, des stries singulières, uniquement localisées sur la roche du lit majeur de la rivière ([2]).

J'ai pu montrer que ce phénomène, jusqu'alors non signalé, était un nouveau mode d'érosion fluviale donnant lieu à de fines sculptures comparables à celles produites par les actions éoliennes sur les roches des régions soumises à la mitraille des grains de sable transportés par le vent. Plus tard, j'ai fait remarquer que ce burinage était semblable à celui exécuté sur les pointeaux et aubes des turbines par l'eau chargée de matières siliceuses en suspension ([3]).

Ce mode spécial d'érosion fluviale ne peut être reconnu que si un certain nombre de conditions sont réunies, à savoir tout d'abord l'existence d'une roche enregistreuse à pâte très fine, comme par exemple une roche éruptive pétrosiliceuse ou un calcaire compact; puis, pendant les crues, un apport important de matières fines en suspension, de nature siliceuse; aussi peu que possible de matériaux roulés qui, par leur choc plus violent, s'opposent au fin burinage; des variations considérables de débit; enfin, une vallée

---

([1]) Il faut considérer l'onde aussi loin de son foyer que le permettent les données du problème.

([2]) *Sur un nouveau mode d'érosion fluviale* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 582).

([3]) *Le striage du lit fluvial* (*Ann. de Géographie*, 23e-24e année, n° 152, 15 novembre 1915, p. 385).

assez large, mais ayant encore la forme de gorge ou de cañon, pour qu'il puisse s'établir un lit majeur rocheux en banquette dominant le niveau d'étiage de 1^m à quelques mètres.

En débit d'étiage ou en débit moyen les mouvements tourbillonnaires sont dominants; ce sont les agents constructeurs des marmites de géant du lit mineur (¹).

Au moment de la crue, alors que s'exécute une *chasse* considérable de matériaux en suspension, l'écoulement reste en partie tourbillonnaire dans le lit mineur, mais tend à se transformer en mouvement rectiligne, qui est en tout cas à peu près général sur le lit majeur, ainsi qu'en témoigne la rareté des marmites. A ce moment les grains de sables suspendus, entraînés en filets linéaires, burinent la banquette de ce lit majeur et ils y sculptent de fines stries droites ou légèrement ondulées, parallèles entre elles, ou bien, si un obstacle vertical s'y présente, formant des figures rayonnantes qui partent d'une cupule comme celles que j'ai figurées dans mon Mémoire sur l'érosion de la Yadkin et qui sont donc les mêmes que redoutent les hydrauliciens sur les aubes des turbines.

En examinant avec attention les rivières à transport de matériaux grossiers, on arrive presque toujours à trouver sur la banquette du lit majeur les empreintes délicates du burinage, mais faut-il déjà bien connaître le phénomène. Je l'ai vu dans le cañon urgonien du Rhône; je n'ai jamais pu l'observer dans les torrents alpins.

Mais une rivière française, la basse Ardèche, devait me révéler le phénomène dans toute sa splendeur, sans toutefois atteindre la beauté des stries de la Yadkin.

Dans sa région inférieure, entre Vallon et Saint-Martin, l'Ardèche s'écoule profondément, encaissée en cañon dans les calcaires urgoniens. C'est une rivière dont les débits présentent des variations considérables et bien connues. A l'étiage, il ne s'écoule guère que 2^{m^3} à 4^{m^3} d'eau limpide,

(¹) Le mouvement tourbillonnaire n'agit latéralement sur l'escarpement du lit majeur que par l'agrandissement du rayon des marmites latérales du lit mineur. Le tunnel de dérivation de la rive droite du Rhône à Bellegarde, sans radier ni revêtement, débitant 60^{m^3}, en exploitation depuis de nombreuses années, ne présente des effets tourbillonnaires que dans le radier. Les marmites y ont jusqu'à 4^m de profondeur. *Les piedroits sont absolument intacts*, présentant encore des arêtes rocheuses aiguës dues au battage au large par les explosifs. Tout se passe comme si le long des piedroits un coussinet d'eau presque rigide agissait comme un revêtement. Cette observation peut présenter un certain intérêt pour les constructeurs de tunnels hydrauliques à écoulement libre. Elle mérite d'être connue.

alors que pendant les crues un flot opaque pouvant atteindre 7000$^{m^3}$ se précipite dans l'étroit sillon. Il y a relativement peu de matériaux grossiers; les galets, qui sont nuls dans la Yadkin, forment cependant des atterrissements importants. Il existe toutefois une parenté manifeste de variations de régime entre les deux rivières. La pente du cañon est d'environ 1 pour 1000, alors que, celle de la Yadkin dépassant localement 6 pour 1000, les *chasses* y sont donc plus violentes, d'autant que le débit peut atteindre 3000$^{m^3}$; en conséquence le mouvement linéaire est en quelque sorte plus ordonné et le burinage plus intense.

Dans l'Ardèche, si l'on remonte la rivière de 2^{km} à 3^{km} à partir de Saint-Martin, soit en amont du hameau de Sauze, on peut voir sur les calcaires urgoniens compacts du lit majeur les stries du burinage fluvial admirablement dessinées en une multitude de points, mais qui sont toujours en relation avec les méandres. Lorsque, par l'habitude facile à acquérir de savoir où se trouve la zone de courant maximal dans les méandres, on voit sur la banquette des surfaces ayant souvent plusieurs centaines de mètres carrés entièrement couvertes de ces stries délicates. Il est à noter qu'elles sont toujours orientées avec la plus grande des rigueurs, parallèlement aux filets de l'eau en crue, c'est-à-dire non nécessairement parallèlement à la rive du lit mineur. Ainsi, en aval de l'angle saillant d'un méandre, au point où la ligne de courant abandonne le lit mineur pour passer sur le majeur, les stries sont obliques à la rivière et forment avec elle, en direction d'écoulement, un angle aigu; puis, plus bas, elles deviennent parallèles et rentrent enfin vers l'axe de la rivière, mais en s'effaçant peu à peu, parce que la puissance de la chasse diminue. La roche est alors uniquement polie avec cette patine, au toucher si spécial, qui caractérise les roches corrodées par l'action éolienne.

Ainsi, non seulement les exemples répétés de l'Ardèche montrent bien qu'aux périodes de grande crue le mouvement tourbillonnaire se remplace par un mouvement linéaire sur la roche, mais encore le striage permet de connaître exactement le déplacement, par rapport à lui-même, du fil de l'eau lorsque la rivière passe de l'étiage à la crue.

Sir **George Greenhill**, élu Correspondant pour la Section de Mécanique, adresse des remercîments à l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Mémoires concernant l'Histoire naturelle de l'Empire chinois par des Pères de la Compagnie de Jésus.* Tome VI. Premier cahier : *L'Herbier de Zi-Ka-wei. Herborisations dans le Kiang-sou en* 1918. (Présenté par M. H. Lecomte.)

2° Léon Bertrand. *Histoire de la formation du sous-sol de la France.* I. *Les anciennes mers de la France et leurs dépôts.* (Présenté par M. Termier.)

3° Joseph Lévine. *Atlas météorologique de Paris.* (Présenté par M. G. Bigourdan.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation aux dérivées fonctionnelles analogue à l'équation de M. Hadamard.* Note de M. **Gaston Julia.**

1. J'ai montré précédemment ([1]) qu'à partir de l'équation

$$(1) \qquad \delta \log f_A(B) = \frac{1}{2\pi i} \int_C \frac{f_A(B) + f_A(z)}{f_A(B) - f_A(z)} \left[\frac{f'_A(z)}{f_A(z)} \right]^2 \delta z \, dz,$$

où $f_A(z)$ fournit la représentation conforme de la courbe analytique fermée C sur le cercle trigonométrique $|Z| = 1$, on pouvait former une solution de l'équation

$$(2) \qquad \delta\Phi(U, V) = \int_C \Phi(U, M)\,\Phi(M, V)\,\delta n \, ds$$

due à M. Hadamard.

On peut, à partir de (1), obtenir une équation présentant avec (2) des caractères d'analogie remarquables et s'y ramenant par un changement de la fonction inconnue.

On introduit $\zeta = f_\Omega(z)$, Ω intérieur à C et distinct de A et B ; $\beta = f_\Omega(B)$, $\alpha = f_\Omega(A)$, et, *en différentiant* (1) *par rapport à* B, il vient

$$(3) \qquad \delta \frac{d}{dB} \log f_A(B) = \delta \frac{d}{dB} \left[\log \frac{\beta - \alpha}{\alpha_0 \beta - 1} \right]$$
$$= -\frac{1}{\pi i} \int_\Gamma [\delta \log(\zeta - \alpha) - \delta \log(\alpha_0 \zeta - 1)]\, d \left[\frac{d}{dB} \log(\zeta - \beta) \right].$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 738.

Si maintenant, on différentie par rapport à *l'affixe* A *du point* A, il vient

$$(4)\qquad \delta\frac{d^2}{dA\,dB}\log(\beta-\alpha)=-\frac{1}{\pi i}\int_\Gamma\frac{d^2}{dA\,dz}\log(\zeta-\alpha)\frac{d^2}{dz\,dB}\log(\zeta-\beta)\,\delta z\,dz,$$

et si l'on pose

$$(5)\qquad -\frac{1}{\pi i}\frac{d^2}{dA\,dB}\log(\beta-\alpha)=\Phi(A,B)=-\frac{1}{\pi i}\frac{\dfrac{d\alpha}{dA}\dfrac{d\beta}{dB}}{(\alpha-\beta)^2},$$

$\Phi(A, B)$ est une fonction *analytique des deux points* A, B, *symétrique par rapport à ces deux points*, et satisfaisant à l'équation

$$(6)\qquad \delta\Phi(A,B)=\int_C\Phi(A,M)\,\Phi(M,B)\,\delta z\,dz.$$

L'équation (6) diffère de l'équation (2) de M. Hadamard par la substitution de $\delta z\,dz$ à $\delta n\,ds$.

2. En désignant par α_M l'angle avec Ox de la demi-tangente positive en M au contour C, on a

$$\delta z\,dz=i\,e^{2i\alpha_M}\,\delta n\,ds$$

et

$$\frac{d}{ds_M}=e^{i\alpha_M}\frac{d}{dz};$$

(4) s'écrit alors

$$\delta\frac{d^2}{dA\,dB}\log(\beta-\alpha)=-\frac{1}{\pi}\int_C\frac{d^2}{dA\,ds_M}\log(\zeta-\alpha)\frac{d^2}{ds_M\,dB}\log(\zeta-\beta)\,\delta n\,\delta s.$$

Imaginons une série de contours qui se déforment, suivant une *loi déterminée*, de façon à passer en A et B au cours de leur variation; si α_A et α_B sont les angles correspondant aux demi-tangentes en ces points aux contours qui y passent, on aura immédiatement, à cause de

$$\frac{d}{ds_A}=e^{i\alpha_A}\frac{d}{dA}\quad\text{et}\quad\frac{d}{ds_B}=e^{i\alpha_B}\frac{d}{dB},$$

$$\delta\frac{d^2}{ds_A\,ds_B}\log(\beta-\alpha)=-\frac{1}{\pi}\int_C\frac{d^2}{ds_A\,ds_M}\log(\zeta-\alpha)\frac{d^2}{ds_M\,ds_B}\log(\zeta-\beta)\,\delta n\,\delta s,$$

c'est-à-dire que

$$\Phi(A,B)=-\frac{1}{\pi}\frac{d^2}{ds_A\,ds_B}\log(\beta-\alpha)$$

satisfait à l'équation (2) de M. Hadamard.

3. Il est visible que

$$-\frac{1}{\pi i}\frac{d^2}{dA\,dB}\log(\beta-\alpha)=\frac{1}{2\pi i}\left(\frac{\partial}{\partial x}-i\frac{\partial}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial}{\partial x'}-i\frac{\partial}{\partial y'}\right)g(A,B)$$

est la solution (5) de (6) (x, y coordonnées cartésiennes de A; x', y' celles de B).

En sorte que

$$\begin{aligned}\Phi(A, B) &= -\frac{1}{\pi}\frac{d^2}{ds_A\,ds_B}\log(\beta-\alpha)\\ &= -\frac{1}{\pi}\frac{d^2}{dA\,dB}\log(\beta-\alpha)\,e^{i(\alpha_A+\alpha_B)}\\ &= \frac{1}{2\pi}\left[\left(\frac{\partial}{\partial x}-i\frac{\partial}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial}{\partial x'}-i\frac{\partial}{\partial y'}\right)g(A, B)\right]e^{i(\alpha_A+\alpha_B)}\end{aligned}$$

est la nouvelle solution de l'équation (2) de M. Hadamard. Cette solution n'échappe pas à la critique, adressée à $-\frac{1}{2\pi}\frac{d^2g(A, B)}{dn_A\,dn_B}$, d'exiger la connaissance, *a priori*, d'une loi de déformation pour le contour C. Il faut aussi mentionner la solution conjuguée

$$\Phi_0(A, B) = \frac{1}{2\pi}\left[\left(\frac{\partial}{\partial x}+i\frac{\partial}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial}{\partial x'}+i\frac{\partial}{\partial y'}\right)g(A, B)\right]e^{-i(\alpha_A+\alpha_B)}.$$

4. Les considérations du n° 2 sont valables pour toute solution de l'équation (6). Si $\Phi(A, B)$ est une solution quelconque de (6), on constatera sans peine que

$$\Psi(A, B) = i\Phi(A, B)\,e^{i[\alpha_A+\alpha_B]}$$

est une solution de l'équation (2) et réciproquement. L'équation (6) n'est donc pas essentiellement distincte de l'équation de M. Hadamard, cependant elle paraît se présenter tout naturellement lorsqu'on étudie des solutions qui sont fonctions analytiques des variables complexes A et B.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination des fonctions présentant certain caractère complexe de résolubilité.* Note [1] de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Hadamard.

J'ai donné dans ma dernière Note les conditions définissant la classe des fonctions résolubles $(2, s)$. Il résulte de ces caractères que la différence de deux fonctions de cette espèce est encore une fonction de la même nature. Nous allons en déduire que, si *deux fonctions résolubles* $(2, s)$ *admettent sur une épaisseur pleine la même dérivée seconde ordinaire-approximative, la différence* G *de ces deux fonctions est linéaire.*

En effet, la dérivée seconde ordinaire-approximative (nous la désignerons par $G''_{o.a.}$) de G existe et est o sur une épaisseur pleine.

(1) Séance du 21 mars 1921.

Tout d'abord, en appliquant le quatrième caractère à l'ensemble parfait P constitué par le continu (les σ et les σ' n'existent donc pas), nous trouvons que l'ensemble des points H au voisinage desquels la dérivée ordinaire G' (ou G'_0) de G est inexistante ou discontinue en certains points, ou non résoluble dans certains intervalles, cet ensemble H est non dense. Sur un segment s sans points communs avec H, G'_0 possédant, sur une épaisseur pleine, une dérivée approximative nulle, est constant. G est linéaire sur s.

Si donc G n'est pas linéaire, l'ensemble L des points au voisinage desquels G est non linéaire, L est non dense.

En vertu du deuxième caractère des fonctions résolubles (2, s), si G est linéaire sur deux segments ayant une extrémité commune, G est linéaire sur le segment réunissant les deux. Donc L est parfait. G'_0 existe et est constant sur tout intervalle contigu à L, et par suite (2e caractère) sur tout *segment* contigu à L. Nous distinguons trois cas :

1° L contient une portion P ne possédant aucun segment spécial propre. Alors (4e caractère de G) P contient une portion P_1 sur la totalité de laquelle G'_0 existe, est continue et est résoluble. Comme la variation de G'_0 sur chaque contigu à P_1 est nulle, ainsi que, sur une pleine épaisseur de P_1, la dérivée approximative de G'_0, G'_0 est constant sur P_1, donc sur le segment des extrémités de P_1. P_1 n'appartient donc pas à L, ce qui est contraire à l'hypothèse.

2° L contient une portion Q dont chaque point est intérieur à une infinité de segments spéciaux de L (donc de Q). On détermine dans Q une portion Q_1 telle que les nombres $\omega(\sigma)$ formés avec G et les segments spéciaux de Q_1 forment une série convergente (3e caractère).

On en déduit, en négligeant les segments spéciaux supérieurs à un nombre ε aussi petit qu'on le veut, que la différence des valeurs de G'_0 sur deux contigus quelconques à Q_1 est nulle. Enfin, la variation de G sur Q_1 étant nulle [d'après la convergence des $\omega(\sigma)$], G est linéaire entre les extrémités de Q_1, ce qui est encore impossible si Q_1 est dans L ([1]).

3° Sont partout denses sur L, à la fois les points appartenant à une infi-

---

([1]) Les conséquences tirées dans cette étude du troisième caractère des fonctions résolubles (2, s) subsisteraient si on le remplaçait par le caractère suivant moins restrictif.

Quel que soit l'ensemble parfait P possédant une infinité de segments spéciaux σ, les points de P au voisinage desquels la somme est non bornée des quantités $\omega(\sigma)$ relatives à des segments σ en nombre quelconque deux à deux extérieurs l'un à l'autre, ces points forment un ensemble non dense sur P.

nité de segments spéciaux de L, et les points de L appartenant seulement à un nombre limité de tels segments. On peut déterminer (3[e] et 4[e] caractères de G) une portion R de L telle que, d'une part la série des nombres $\omega(\sigma)$ relative aux segments spéciaux de R et à G est convergente, d'autre part, quels que soient, parmi les précédents, les segments σ' en nombre fini négligés, et les segments σ'' demeurant, G'_0 existe, est continu et résoluble sur l'ensemble (fermé) $R(\sigma')$ des points de R appartenant aux seuls σ''. La dérivée approximative de G'_0 étant par hypothèse nulle sur une épaisseur pleine, il en résulte que la variation de G'_0 entre deux points de $R(\sigma')$ s'obtient uniquement en totalisant les variations de G'_0 sur les segments contigus à $R(\sigma')$. D'après la convergence de la série $\omega(\sigma)$, on peut négliger suffisamment de segments σ' pour que la somme des variations absolues de G'_0 sur les segments contigus à $R(\sigma')$ soit inférieure à un nombre positif ε quelconque donné d'avance. On en déduit que G'_0 existe et est constant sur R et sur ses contigus, ce qui achève de démontrer l'impossibilité de l'existence de L.

Donc, si f est donnée et si l'on sait l'existence sur une épaisseur pleine d'une identité du type $f = \mathcal{F}''_{0.a.}$, $\mathcal{F}$ étant une fonction résoluble $(2, s)$ et inconnue, $\mathcal{F}$ est déterminée par f, à l'addition près d'une fonction linéaire arbitraire.

L'intégration $T_{2.s}$ ou totalisation symétrique du second ordre sera précisément l'opération permettant de remonter de f à $\mathcal{F}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le théorème de M. Landau et les fonctions multiformes.* Note de M. **Théodore Varopoulos**, présentée par M. Hadamard.

1. En 1904, M. Landau a démontré (¹) le théorème suivant :

Soit une fonction analytique

$$\mu(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_m x^m + \ldots$$

régulière à l'origine, pour laquelle

$$a_1 \neq 0 :$$

il existe un cercle

$$|x| < R(a_0, a_1)$$

(¹) *Ueber eine Verallgemeinerung des Picardschen Satzes* (*Sitzungberichte der Academie der Wissenschaften*, 1904, p. 1118-1133).

dont le rayon dépend seulement de a_0, a_1, *et non des autres coefficients* $a_2, a_3, \ldots, a_m, \ldots$, *à l'intérieur duquel la fonction* $\mu(x)$ *possède un point singulier ou prend au moins une fois l'une des valeurs zéro et un.*

2. En utilisant une méthode indiquée par M. Rémoundos dans son Mémoire [1] « *Sur les fonctions entières ou algébroïdes* », je me propose d'étendre ce nouvel ordre d'idées à une classe de fonctions $u = \varphi(x)$ multiformes dans le voisinage du point $x = 0$, très étendue, définies par une équation de la forme

$$F(x, u) = A_0(x) + A_1(x)u + A_2(x)u^2 + \ldots + A_{n-1}(x)u^{n-1} + P(x, u);$$

les coefficients peuvent être singuliers pour $x = 0$ et même non uniformes dans le voisinage de ce point.

La seule hypothèse que nous faisons ici est celle qui concerne la fonction $P(x, u)$ laquelle doit avoir la même valeur $q(x)$ pour $u = 0$ et $u = 1$.

Supposons que dans un cercle $|x| < r$ la fonction $u = \varphi(x)$ ne prenne ni la valeur zéro, ni la valeur un : il est évident que les deux fonctions

$$F(x, 0) = A_0(x) + q(x)$$
$$F(x, 1) = A_0(x) + A_1(x) + \ldots + A_{n-1}(x) + q(x) = F(x, 0) + A_1(x) + \ldots + A_{n-1}(x)$$

ne s'annulent pas à l'intérieur du cercle $|x| < r$, et, par conséquent, nous aurons la même chose pour la fonction

$$\frac{F(x, 1)}{A_1(x) + A_2(x) + \ldots + A_{n-1}(x)} = 1 + \frac{F(x, 0)}{A_1(x) + A_2(x) + \ldots + A_{n-1}(x)}$$

si nous nous plaçons dans le cas où la fonction

$$A_1(x) + A_2(x) + \ldots + A_{n-1}(x)$$

est finie, dans le cercle $|x| < r$, bien entendu.

Posons

$$\sigma(x) = -\frac{F(x, 0)}{A_1(x) + A_2(x) + \ldots + A_{n-1}(x)}:$$

la fonction $\sigma(x)$ dans le cercle $|x| < r$ ne prend ni la valeur zéro, ni la valeur un; alors si $\sigma(x)$ est régulière pour $x = 0$,

$$\sigma(x) = \gamma_0 + \gamma_1 x + \gamma_2 x^2 + \ldots + \gamma_m x^m + \ldots,$$

et si $\gamma_1 \neq 0$ il existe, en vertu du théorème de M. Landau, un cercle

$$|x| < R(\gamma_0, \gamma_1)$$

---

(1) *Annales de l'École Normale supérieure de Paris*, 3e série, t. 30, 1913, p. 388-393.

à l'intérieur duquel la fonction $\sigma(x)$ ou bien possède un point singulier, ou bien prend au moins une fois l'une des valeurs zéro et un, et, par conséquent, le nombre $R(\gamma_0, \gamma_1)$ est plus grand que le rayon r du cercle

$$|x| < r.$$

Alors, si le rayon r est égal ou plus grand que $R(\gamma_0, \gamma_1)$ à l'intérieur du cercle $|x| < r$, il existe au moins un point singulier de la fonction $\sigma(x)$ ou bien elle prend au moins une fois l'une des valeurs zéro et un : c'est-à-dire qu'à l'intérieur du cercle $|x| < r$ il existe ou bien au moins un infini de la fonction

$$A_1(x) + A_2(x) + \ldots + A_{n-1}(x),$$

ou bien au moins une racine d'une au moins des équations

$$\varphi(x) = 0, \qquad \varphi(x) = 1.$$

Nous arrivons donc à l'énoncé suivant :

THÉORÈME. — *Soit une fonction multiforme $u = \varphi(x)$ définie par une équation de la forme*

$$F(x, u) = A_0(x) + A_1(x)u + A_2(x)u^2 + \ldots + A_{n-1}(x)u^{n-1} + P(x, u) = 0$$

avec la condition

$$P(x, 0) = P(x, 1) = q(x).$$

Si la fonction

$$\sigma(x) = -\frac{F(x, 0)}{A_1(x) + A_2(x) + \ldots + A_{n-1}(x)}$$

est régulière en $x = 0$:

$$\sigma(x) = \gamma_0 + \gamma_1 x + \gamma_2 x^2 + \ldots + \gamma_m x^m + \ldots$$

et si nous avons $\gamma_1 \neq 0$, il existe un cercle

$$|x| < R(\gamma_0, \gamma_1)$$

dont le rayon dépend seulement de γ_0, γ_1, à l'intérieur duquel ou bien la fonction $\sigma(x)$ possède un point singulier, ou bien la fonction $u = \varphi(x)$ prend au moins une fois l'une des valeurs zéro ou un, ou bien il existe au moins un point où la fonction

$$A_1(x) + A_2(x) + \ldots + A_{n-1}(x)$$

prend une valeur infinie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Dirichlet.* Note de M. **Fritz Carlson**, présentée par M. Hadamard.

Dans la théorie des séries de puissances on démontre le théorème suivant : *Soit $f(x) = \Sigma a_n x^n$ régulière et bornée pour $|x| < 1$; alors la série $\Sigma |a_n|^2$ converge; en posant $|f(x)| \leqq M$ pour $|x| < 1$ on aura*

$$\sum_0^\infty |a_n|^2 \leqq M^2.$$

Je veux établir le même théorème pour les séries de Dirichlet les plus générales

$$(1) \qquad f(s) = \sum_1^\infty a_n e^{-\lambda_n s}; \qquad \lambda_{n+1} > \lambda_n, \qquad \lambda_n \to \infty.$$

Théorème I. — *Supposons la série (1) convergente pour une valeur finie de s ou, plus généralement, sommable par les moyennes typiques e^{λ_n} en un point fini s et d'un ordre fini $\varkappa$. Supposons la fonction $f(s)$ régulière et bornée pour $\sigma > 0$. Alors la série $\Sigma |a_n|^2$ converge; en posant $|f(s)| \leqq M$ pour $\sigma > 0$ on aura*

$$\sum_1^\infty |a_n|^2 \leqq M^2.$$

Démonstration. — Soit $\delta > 0$ arbitrairement petit. D'après la théorie de la sommation des séries (1), on a

$$(2) \qquad f(2\delta + it) = \sum_{\lambda_n < \omega} a_n e^{-\lambda_n(2\delta + it)} (1 - e^{\lambda_n - \omega})^\varkappa + O(e^{-\delta\omega})$$

uniformément en t. On en déduit pour la quantité conjuguée

$$(3) \qquad \bar{f}(2\delta - it) = \sum_{\lambda_n < \omega} \bar{a}_n e^{-\lambda_n(2\delta - it)} (1 - e^{\lambda_n - \omega})^\varkappa + O(e^{-\delta\omega}).$$

Multiplions membre à membre les deux formules (2) et (3) :

$$(4) \quad |f(2\delta + it)|^2$$
$$= \sum_{\lambda_n > \omega} |a_n|^2 e^{-4\lambda_n \delta} (1 - e^{\lambda_n \omega})^{2\varkappa}$$
$$+ \sum_{\lambda_n < \omega} \sum_{\lambda_n < \omega}' a_n \bar{a}_m e^{-(\lambda_n + \lambda_m)2\delta \cdot (\lambda_n - \lambda_m)it} (1 - e^{\lambda_n - \omega})^\varkappa (1 - e^{\lambda_m - \omega})^\varkappa + O(e^{-\delta\omega})$$
$$= A + B + C.$$

Choisissons x fonction de ω de telle manière que

$$\lim_{\omega=\infty} x = \infty; \qquad \sqrt{x} > 2h(\omega)\Big(\sum_{\lambda_n<\omega} |a_n|\Big)^2.$$

$h(\omega)$ désignant la plus grande des quantités

$$1 : (\lambda_n - \lambda_{n-1}), \qquad \lambda_n < \omega.$$

Dans (4), multiplions les deux membres par dt et intégrons le long d'un intervalle de longueur x. Comme

$$\frac{1}{x}\int B\,dt < \frac{1}{\sqrt{x}}, \qquad \frac{1}{x}\int C\,dt = O(e^{-\delta\omega}),$$

nous aurons

$$(5) \qquad \left|\frac{1}{x}\int |f(2\delta+it)|^2\,dt - \sum_{\lambda_n<\omega} |a_n|^2 e^{-4\lambda_n\delta}(1-e^{\lambda_n-\omega})^{2\kappa}\right| < \frac{1}{\sqrt{x}} + O(e^{-\delta\omega}).$$

Soit $\varepsilon > 0$ arbitrairement petit, ν un entier quelconque. Nous pouvons choisir ω suffisamment grand pour que

$$\sum_1^\nu |a_n|^2 e^{-4\lambda_n\delta} < (1+\varepsilon)\sum_1^\nu |a_n|^2 e^{-4\lambda_n\delta}(1-e^{\lambda_n-\omega})^{2\kappa}$$
$$< (1+\varepsilon)\sum_{\lambda_n<\omega} |a_n|^2 e^{-4\lambda_n\delta}(1-e^{\lambda_n-\omega})^{2\kappa},$$

et que, dans (5),

$$\frac{1}{\sqrt{x}} + O(e^{-\delta\omega}) < \varepsilon.$$

Donc

$$\sum_1^\nu |a_n|^2 e^{-4\lambda_n\delta} < (1+\varepsilon)\left(\varepsilon + \frac{1}{x}\int |f|^2\,dt\right) = (1+\varepsilon)(\varepsilon+M^2).$$

On en conclut

$$\sum_1^\nu |a_n|^2 e^{-4\lambda_n\delta} \leq M^2$$

pour tout ν et pour tout $\delta > 0$. C. Q. F. D.

Remarque. — Pour $\lambda_n = n$ nous retrouvons le théorème pour les séries

de puissances. Donc il n'existe aucun nombre $p < 2$ tel que la série

$$\sum |a_n|^p$$

soit nécessairement convergente (théorème de M. Carleman).

Signalons quelques conséquences qu'on peut tirer de notre théorème en le combinant avec l'inégalité de Cauchy

$$\left(\sum |\alpha_\nu \beta_\nu|\right)^2 \leqq \sum |\alpha_\nu|^2 \sum |\beta_\nu|^2.$$

Théorème II. — *Si la série* (1) (*supposée sommable*) *représente une fonction régulière et bornée pour* $\sigma > 0$, *on aura*

$$|a_1| + |a_2| + \ldots + |a_n| \leqq M\sqrt{n}.$$

Si, de plus, les exposants λ_n *vérifient la condition*

$$e^{-(k+\varepsilon)\lambda_n} = O(\lambda_{n+1} - \lambda_n), \qquad k \geqq 0,$$

la série (1) *converge absolument pour* $\sigma > \frac{k}{2}$.

Pour $\lambda_n = \log n$ $(k = 1)$, ce théorème a été démontré par M. Bohr.

Enfin, considérons deux séries

$$(6) \qquad f(s) = \sum_1^\infty a_n e^{-\lambda_n s}, \qquad g(s) = \sum_1^\infty b_n e^{-\lambda_n s},$$

toutes les deux sommables et représentant des fonctions régulières et bornées pour $\sigma > 0$. Tout d'abord, on en conclut la convergence de la série

$$\sum |a_n b_n|.$$

Ensuite, en substituant à la relation (3) celle qui correspond à la fonction $g(s)$, et en répétant les considérations précédentes, on arrivera à l'addition suivante au théorème de la moyenne de M. Hadamard :

Théorème III. — *Supposons les séries* (6) *sommables et les fonctions* $f(s)$ *et* $g(s)$ *régulières et bornées pour* $\sigma < 0$. α *et* x *désignant des quantités réelles, on a*

$$\lim_{x=\infty} \frac{1}{x} \int_\alpha^{\alpha+x} f(\sigma + it)\, g(\sigma - it)\, dt = \sum_1^\infty a_n b_n e^{-2\lambda_n \sigma}$$

uniformément en α *et en* σ *pour* $\sigma \geqq \delta > 0$.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Reid faites à l'Observatoire de Bordeaux* (*Équatorial de* $0^m,38$). Note de M. **H. Godard**.

Dates 1921.	★	⊳★ ΔR.	⊳★ ΔP.	Nombre de comp.	Gr.
		m s	′ ″		
Mars 30	1	+0.33,78	−6.13,9	12 : 6	9,5
» 30	2	−1. 9,45	+0.20,0	20 : 5	9,5
» 31	3	+0.35,75	−5.42,8	20 : 10	9,5
» 31	4	−0.19,48	+0.57,9	20 : 10	9,5
Avril 1	5	+1.12,69	−3. 0,4	24 : 6	9,5
» 1	6	−1. 6,82	+4.27,3	24 : 6	9,5
» 1	7	+0.24,06	−3.15,9	4 : 4	9,5

Positions apparentes de la comète.

Dates 1921.	Temps moyen de Greenwich.	R apparente.	Log. fact. parallaxe.	DP apparente.	Log. fact. parallaxe.
	h m s	h m s		° ′ ″	
Mars 30	15.48.48,0	20.23.39,58	$\bar{1},572_n$	97.47.30,9	$0,820_n$
» 30	16. 9.39,6	20.23.40,39	$\bar{1},544_n$	97.46.49,0	$0,824_n$
» 31	16. 8.52,5	20.24.14,11	$\bar{1},544_n$	96.50.17,0	$0,822_n$
» 31	16.31.44,5	20.24.14,81	$\bar{1},511_n$	96.49.18,2	$0,826_n$
Avril 1	15.50.30,7	20.24.48,11	$\bar{1},561_n$	95.51.49,9	$0,817_n$
» 1	15.50.30,7	20.24.47,85	$\bar{1},561_n$	95.51.48,2	$0,817_n$
» 1	16.19.25,6	20.24.48,17	$\bar{1},516_n$	95.50.30,7	$0,821_n$

Positions des étoiles de comparaison.

★	Gr.	R moyenne 1921,0.	Réduction au jour.	DP moyenne 1921,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1	9,1	20.23. 5,07	+0,73	97.53.52,5	−5,3	A.G. Wien-Ott., 7258
2	8,7	20.24.49,12	+0,72	97.46.24,3	−5,3	A.G. Wien-Ott., 7272
3	7,9	20.23.37,61	+0,75	96.56. 4,9	−5,1	A.G. Wien-Ott., 7261
4	9,1	20.24.33,54	+0,75	96.48.25,4	−5,1	A.G. Wien-Ott., 7269
5	7,1	20.23.34,64	+0,78	95.54.55,1	−4,8	A.G. Wien-Ott., 7260
6	9,2	20.25.53,91	+0,76	95.47.25,7	−4,8	A.G. Wien-Ott., 7281
7	8,5	20.24.23,44	+0,77	95.53.51,4	−4,8	A.G. Wien-Ott., 7268

Remarques. — Le 30 mars, la comète est voisine d'une étoile de grandeur 10,5 qui rend l'observation difficile. Ciel voilé de cirrus. Le 1er avril, la Lune, assez voisine de la comète, gêne l'observation. La dernière observation a été obtenue en mesurant l'angle de position et la distance.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Reid* (1921 *a*), *faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Besançon*. Note de M. **P. Chofardet**, transmise par M. B. Baillaud.

Dates. 1921.	Temps moyen de Besançon.	ΔA.	ΔP.	Nombre de compar.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Dist. polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.	★
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Mars 30..	16.30.49	−0.16,91	+ 2.31,3	12:9	20.23.39,65	$9,491_n$	97.46.44,8	$0,838_n$	
» 31..	16.13.59	+0.35,13	− 5. 3,2	12:9	20.24.13,49	$9,510_n$	96.50.56,6	$0,833_n$	
Avril 1..	15.50.19	+1.11,84	− 2. 5,3	12:9	20.24.47,24	$9,535_n$	95.52.44,9	$0,827_n$	

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	A 1921,0.	Réduction au jour.	P 1921,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
a.........	8,6	20.23.55,84	+0,72	97.44.18,7	− 5,2	A.G. Wien-Ottakring, 7263.
b.........	7,9	20.23.37,61	+0,75	96.56. 4,9	− 5,1	id. 7261.
c.........	7,1	20.23.34,63	+0,77	95.54.55,1	− 4,9	id. 7260.

Remarques. — Par la présence de la Lune, encore au dernier quartier, la comète, estimée au moins de 9ᵉ grandeur, apparaît comme un amas nébuleux, sensiblement rond et large de 2′ à 3′, avec condensation centrale bien définie, mais floue.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Reid, faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Lyon*. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates 1920.	Temps moyen de Lyon.	Δα.	Δδ.	Nombre de compar.	α apparente.	Log. fact. parall.	δ apparente.	Log. fact. parall.	★
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Mars 28..	16. 3. 8	−0.11,16	− 4.34,8	8:8	20.22.32,02	−9,552	−9.32.39,3	+0,827	1
Mars 28..	16.40.28	−0.10,18	+ 5.47,7	6:8	20.22.33,00	+9,500	−9.31.26,4	+0,835	1
Mars 30..	16. 8.43	−0.17,29	− 3.12,8	8:8	20.23.39,27	−9,535	−7.47.26,2	+0,825	3
Mars 31..	16.13.22	−0.20,76	− 2.29,8	8:8	20.24.13,52	−9,524	−6.50.50,1	+0,823	4

Positions des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	α moyenne, 1921,0.	Réduction au jour.	δ moyenne, 1921,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1......	9,3	20.22.42,50	+0,68	− 9.37.19,8	+ 5,7	rapportée à 2
2......	7,2	20.24. 9,37		− 9.37.58,3		A.-G. Wien-Ott. 7265
3......	8,6	20.23.55,84	+0,72	− 7.44.18,7	+ 5,3	A.-G. Wien-Ott. 7263
4......	9,1	20.24.33,54	+0.74	− 6.48.25,4	+ 5,1	A.-G. Wien-Ott. 7269

Remarques. — La comète est circulaire, de moins de 1′ de diamètre, avec condensation centrale; éclat total $9^m,5$.

ANÉMOMÉTRIE. — *Sur la comparabilité des anémomètres.*
Note de M. C.-E. **Brazier**, présentée par M. Georges Lemoine.

Si l'on détermine à plusieurs reprises, sur des intervalles de temps de l'ordre d'une heure, le rapport des vitesses moyennes de rotation de deux anémomètres de types différents, placés au voisinage l'un de l'autre dans le vent naturel, on trouve que les nombres obtenus varient considérablement d'une expérience à l'autre. Même en se bornant aux mesures dans lesquelles la vitesse moyenne de rotation de l'un des instruments est sensiblement la même, on trouve fréquemment des différences de 20 pour 100 entre les rapports du nombre de tours d'un anémomètre Robinson, par exemple, à celui que fournit simultanément un anémomètre Richard.

Ces différences, qui ne s'expliquent pas par l'influence mutuelle des deux anémomètres, ne paraissent pas attribuables au fait que le moment d'inertie de la partie tournante n'est pas le même pour les deux appareils. Il suffit, en effet, d'enregistrer la vitesse instantanée du moulinet Richard pendant les expériences pour se rendre compte qu'il n'existe pas de relation nette entre la variabilité de la vitesse angulaire de ce dernier et les variations que l'on constate dans le rapport des nombres de tours effectués par les deux instruments dans le même laps de temps.

La question s'éclaire d'un jour nouveau, si l'on considère la manière dont se comportent les anémomètres dans des courants d'air inclinés. Les mesures que j'ai effectuées à ce sujet ont été en majeure partie publiées dans les *Annales du Bureau Central Météorologique* (1). Je me contenterai, dans cette Note, d'exposer les résultats qui en découlent au point de vue de l'anémométrie pratique.

Si, pour diverses inclinaisons du vent, on forme le rapport de la composante horizontale de la vitesse des filets d'air, calculée d'après les indications de l'anémomètre, à la composante horizontale réelle, voici ce que l'on trouve pour les types les plus employés.

---

(1) *Recherches expérimentales sur les moulinets anémométriques* (*Annales du Bureau Central météorologique*, t. 1, 1914. Paris, Gauthier-Villars, 1921). — Voir également *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 610, et t. 171, 1920, p. 1227.

Rapport de la valeur mesurée à la valeur réelle de la composante horizontale de la vitesse du vent pour divers types d'anémomètres (¹).

i	D′.	X.	E.	H_1.	I.	O.	P.	B.
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	1,02	1,00	0,99	0,98	0,95	1,02	0,87	0,98
20	1,20	1,07	1,07	1,00	0,95	1,12	0,97	0,97
30	1,34	1,18	1,21	1,11	1,00	1,24	1,19	0,91
40	1,39	1,37	1,32	1,25	1,17	1,22	1,59	0,84
50	1,35	1,80	1,35	1,35	1,41	1,11	1,93	0,76
60	1,05	2,48	1,26	1,31	1,65	1,09	1,34	0,61
70	négat.	2,34	0,00	0,42	1,80	0,56	0,00	0,49
80	négat.	2,10	négat.	négat.	–	–	–3,85	0,00

i, inclinaison du vent sur l'horizon; D′, anémomètre tubulaire de Dines; X, plaque carrée de 25^{cm} de côté (²); E, anémomètre à moulinet Robinson, diamètre des coupes 61^{mm},5, distance des centres des deux hémisphères opposés 402^{mm}; H_1, anémomètre à moulinet Robinson, mêmes coupes que le précédent, distance des centres de deux coupes opposées 122^{mm}; I, anémomètre à moulinet Robinson, mêmes coupes que les précédents, mais fixées directement sur le moyeu, distance des centres de deux coupes opposées 79^{mm}; O, anémomètre à ailettes hémicylindriques disposées perpendiculairement aux bras, hauteur des ailettes 68^{mm}, diamètre 70^{mm},5, distance des axes de deux ailettes opposées 229^{mm},5; P, anémomètre à ailettes hémicylindriques exactement semblables à celles du précédent, mais disposées radialement, distance séparant les bords extérieurs de deux ailettes opposées 310^{mm}; B, anémomètre à moulinet Richard.

Je rappellerai tout d'abord que les anémomètres sont établis pour fournir la composante horizontale des mouvements aériens et qu'ils sont constitués, soit par des ajutages s'orientant dans un plan horizontal et reliés à un dispositif manométrique (anémomètre de Dines), soit par une plaque verticale ou un moulinet à axe horizontal orienté face à la direction d'où souffle le vent (anémomètre à plaque normale, anémomètre Richard), soit enfin par des moulinets assujettis à tourner dans un plan horizontal (anémomètre à ailettes hémisphériques ou hémicylindriques).

Dans ces conditions, les principales conclusions auxquelles conduit l'examen des nombres contenus dans le Tableau ci-dessus sont les suivantes :

1° *Les divers types d'anémomètres, même parfaitement étalonnés au laboratoire, ne peuvent fournir des indications comparables entre elles que si*

(¹) Vitesse du courant d'air, 15 m : sec.

(²) D'après un graphique de G. Eiffel, *Aérophile* 15 juin, 1911, p. 271.

l'inclinaison des mouvements complexes de l'air constituant le vent naturel reste inférieure à 10°.

2° *Dans une installation où les remous à composante verticale accentuée sont fréquents :*

a. Les indications des anémomètres genre Richard sont *trop basses*, tandis que celles des autres instruments sont généralement *trop élevées*.

b. L'excès des nombres obtenus avec les anémomètres Robinson est d'autant plus accentué que le rapport du diamètre des coupes à celui du moulinet est plus faible.

c. *Les instruments dont les indications se rapprochent le plus de la réalité sont les anémomètres genre Richard et les Robinson à bras courts* (rapport du diamètre des coupes à celui du moulinet compris entre 0,5 et 0,8).

d. Jusqu'à des inclinaisons de l'ordre de $\pm 50°$ on peut obtenir à 5 pour 100 près la valeur de la composante horizontale du vent en employant simultanément les anémomètres B et H_1 et en prenant la moyenne des nombres qu'ils fournissent.

e. Si l'installation anémométrique ne doit comporter qu'un seul instrument, il y aura avantage à employer le moulinet Richard ou à son défaut un moulinet Robinson genre H_1.

f. Le procédé d'étalonnage consistant à comparer daus le vent naturel des anémomètres de types différents, dont l'un a été taré au laboratoire, ne peut fournir que des conclusions qui, vraisemblablement, ne sont valables que dans les conditions où la comparaison a été faite.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur les résultats des essais récents d'un hélicoptère.* Note de M. **Pescara**, présentée par M. Paul Painlevé.

L'appareil essayé est composé d'une nacelle renfermant le siège du pilote, un moteur de 60 HP Hispano-Suiza, les commandes, et surmontée de deux hélices biplanes de $6^m,40$ de diamètre, à 6 pales chacune, tournant en sens inverse autour d'un axe commun. La force motrice leur est transmise par l'intermédiaire d'un embrayage qui actionne le pignon d'une couronne dentée conique solidaire du moyeu de l'hélice inférieure.

Les moyeux des deux hélices sont accouplés par un différentiel dont les satellites ont leurs axes solidaires d'un tube central encastré dans la nacelle, lequel sert ainsi d'axe et de soutien aux deux hélices. Tous les organes tournants sont montés sur roulements à billes.

Chaque hélice est constituée par six petits biplans formant poutre rigide sur les membrures de laquelle sont montés les plans. Ces plans peuvent tourner autour des membrures tubulaires sous l'action d'une commande spéciale qui permet donc de varier simultanément l'incidence de toutes les pales. Chaque pale est munie également d'un dispositif de gauchissement différentiel périodique qui permet d'excentrer la poussée de l'hélice dans une direction déterminée, sous la commande d'un « *manche à balai* ».



Enfin cette manœuvre de gauchissement peut aussi s'effectuer différentiellement entre les hélices, en augmentant partiellement l'incidence de toute une hélice, et diminuant partiellement l'incidence de l'autre hélice, sous l'action d'un volant placé sur le manche à balai.

Le but des essais était la vérification de la poussée et des couples fournis par les hélices, ainsi que de la manière dont les commandes se comportaient. A cet effet, une piste d'essai a été aménagée, munie d'une balance hydraulique qui permet la mesure de tous les efforts auxquels l'appareil

est soumis pendant la rotation des hélices. Les résultats des essais ont été les suivants :

Vitesse de rotation des hélices	1,7 t : s
Poids soulevé moyen	360^{kg}
Vitesse de rotation du moteur	1500 t : m
Puissance fournie par le moteur	36 HP
Qualité sustentatrice du système sustentateur, environ	2,5
Couple d'inclinaison maximum obtenu	100^{kgm}
Couple de rotation dépassant	50^{kg} : m

Ces résultats représentent les moyennes d'expériences soigneusement enregistrées au cours de très nombreux essais (cent quatre, huit heures de fonctionnement) effectués sous le contrôle de MM. les capitaines Huguet et Letourneur, de la *Section technique aéronautique*.

D'autre part, l'appareil n'a eu à subir aucune réparation durant toute la période des essais ; les commandes obéissent parfaitement à tous les régimes.

La valeur 2,5 obtenue pour la qualité a été sensiblement dépassée, elle a atteint 2,8 dans les expériences qui ont eu lieu, quelques jours plus tard, devant la Commission militaire espagnole.

Déduction faite de 10 à 12 pour 100 de pertes dues au ventilateur, au silencieux, aux transmissions, etc., la valeur de la qualité atteint le chiffre remarquable de 4 environ.

On peut en conclure que le problème de la stabilité dans tous les sens, de la montée et de la descente, dans un appareil hélicoptère, est résolu au point de vue mécanique.

Note de M. Paul Painlevé *sur la Communication précédente.*

Le problème de l'hélicoptérie a été l'objet, durant ces derniers mois, de recherches et d'expériences précises, qui permettent d'espérer une prochaine et complète réalisation. Par plusieurs Notes que nous lui avons communiquées, M. Breton et moi, l'Académie a déjà eu connaissance des calculs et expériences remarquables de M. Œmischen. De son côté, et d'une manière entièrement indépendante, M. Pescara poursuit, depuis plusieurs années, l'étude d'un hélicoptère de son invention, dont il a soigneusement étudié les organes, les commandes et la stabilité. En particulier, la descente verticale, moteur éteint, serait résolue, d'après les expériences de M. Pescara, grâce au principe dénommé par lui principe de l'*autofreinage des hélices*.

Le paradoxe apparent de ce principe mérite qu'on s'y arrête. Lorsque, sur un navire en marche, on rend une hélice folle sur son axe, elle adopte presque instantanément un régime où elle se visse dans l'eau comme dans un écrou, et l'eau n'exerce plus sur elle qu'une résistance insignifiante, qui serait exactement nulle si l'hélice était une surface hélicoïdale parfaite et parfaitement lisse. Le même phénomène se produit si l'hélice, folle autour de son axe, est abandonnée sans vitesse dans l'air, l'axe *vertical :* l'appareil descendrait avec une vitesse croissante W, en tournant avec une vitesse angulaire ω sensiblement égale à $\frac{W}{h}$ (si $2\pi h$ désigne le pas de l'hélice). Mais supposons que, dès que ω a atteint une valeur voulue, on efface (par une manœuvre convenable) le gauchissement et l'inclinaison des pales, de façon à les aplatir sur un plan horizontal; les résistances de l'air sur les pales ont alors une résultante verticale ascendante qui peut équilibrer le poids de l'appareil.

D'une façon précise, imaginons une pale horizontale *parfaitement lisse*, qui descend avec une vitesse verticale constante W dans l'air immobile, et en même temps tourne avec une vitesse angulaire ω autour d'un axe vertical fixe, dont la distance r à la pale est grande. Si l'on applique la loi du sinus, la résistance de l'air sur la pale est verticale ascendante, et proportionnelle au produit $W\sqrt{W^2+\omega^2r^2}$; plus ω serait grand, plus la force sustentatrice serait grande et le mouvement se poursuivrait de lui-même. En réalité, il n'en est pas ainsi à cause des frottements de l'air sur la pale et de l'épaisseur de la pale; pour que le régime se maintienne de lui-même, il faut donner à la pale une petite inclinaison de façon que la réaction totale de l'air qui n'est point normale à la pale, mais légèrement inclinée sur la pale, en sens inverse de sa rotation, soit verticale; pour W donné, il existe alors une valeur optima de ω pour laquelle la sustentation de l'hélice est maxima. Ce ne sont là, bien entendu, que des vues simplistes, et seule l'expérience peut déterminer les conditions optima de la sustentation, la meilleure forme des pales, etc. Ces conditions d'autofreinage, d'une importance capitale, le gauchissement optimum des pales et les commandes de ce gauchissement ont été étudiées ingénieusement et minutieusement par M. Pescara, en faisant varier l'inclinaison, la forme et l'incurvation des pales. L'emploi des hélices de l'appareil en route horizontale ou en descente oblique a fait également l'objet de mesures et d'essais précis. Les résultats obtenus sont des plus encourageants, notamment en ce qui concerne la sécurité de l'hélicoptère.

PHYSIQUE. — *L'évolution de la méthode graphique.* Note de M. **Marage**, présentée par M. d'Arsonval.

Marey avait amené la méthode graphique à un grand degré de perfection et le tambour à levier a rendu, dans tous les laboratoires de physiologie, d'inappréciables services.

Cependant Marey s'était rendu compte que les divers appareils n'étaient pas comparables entre eux et qu'un même tambour, à quelques mois de distance, ne redonnait pas les mêmes tracés quand il était pourtant placé dans des conditions identiques.

Il en était résulté la proposition que Marey avait faite au Congrès de Physiologie de Cambridge d'unifier les instruments de recherches, et la fondation de l'Institut Marey qui avait pour but d'arriver à cette unification.

Mon but dans cette Note est de montrer comment, sans prétendre à cette unification, que les circonstances rendront longtemps difficile, on pourrait arriver à rendre les résultats comparables.

Deux cas se présentent :

Premier cas. — *Inscription de vibrations lentes* (unité de temps, la minute). — Par vibrations lentes j'entends celles dont l'unité de temps employée est la minute.

Les causes d'erreurs proviennent :

a. De la longueur et du diamètre intérieur des tubes de transmission entre les tambours;

b. De la hauteur et du diamètre de la chambre d'air;

c. De la membrane vibrante;

d. Du levier.

a. Il est facile d'indiquer la longueur et le diamètre des tubes; ceci est important, car il y a toujours un retard dans la transmission qui est d'autant plus grand que les tubes sont plus longs.

b. Il serait de même très possible d'unifier la hauteur et le diamètre de la chambre à air.

c. La membrane vibrante est le plus souvent en caoutchouc : la nature de cette substance et par conséquent ses propriétés élastiques sont essentiellement variables non seulement avec le caoutchouc employé, son épais-

seur, sa tension, mais encore avec l'âge de la membrane; suivant le milieu où le tambour se trouve, la membrane se transforme plus ou moins vite; tant que l'on emploiera des lames de caoutchouc, il me semble impossible d'unifier les appareils.

d. Le levier est peut-être la partie de l'instrument qui engendre le plus d'erreurs, car sa longueur, son poids, la résistance de la plume inscrivante sont essentiellement variables. Le 22 avril 1882, M. d'Arsonval présentait à la Société de Biologie un inscripteur par jet gazeux qui supprimait tout frottement. En 1889 [1] j'ai supprimé la résistance de la plume en remplaçant le levier par un tube effilé en verre aussi léger que possible dans lequel je faisais passer un courant d'eau; le noir de fumée n'était enlevé que là où l'eau frappait directement le papier.

Vingt-neuf ans plus tard, le 30 décembre 1918, M. Louis Lumière [2] proposait également de remplacer la plume inscrivante par un jet gazeux agissant à distance chimiquement sur un papier convenablement sensibilisé.

Deuxième cas. — *Inscription de vibrations rapides* (unité de temps, la seconde). — J'appelle vibrations rapides celles qui ont pour unité de temps la seconde : elles peuvent être audibles ou inaudibles suivant que leurs vibrations sont ou non comprises entre 16 et 33000 vibrations par seconde.

En prenant des précautions tout à fait spéciales on peut arriver à les inscrire avec un tambour à levier modifié; mais les résultats obtenus par les différents expérimentateurs ne sont pas comparables; les tracés d'une même source sonore varient avec la membrane, sa nature, sa tension, sa surface, avec le volume de la chambre à air; enfin avec le levier.

Il faut donc transformer complètement le tambour inscripteur; supprimer la membrane en caoutchouc et la remplacer par une membrane en liège ayant quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur, et surtout remplacer le levier matériel par un rayon lumineux; avec les papiers extra-sensibles que nous possédons on peut facilement inscrire toutes les vibrations sonores; les manipulations sont moins compliquées qu'avec la méthode graphique ordinaire; dans l'appareil que j'emploie le rayon réfléchi est immédiatement mis au point sur le papier sensible; le petit miroir plan, qui suit tous les mouvements de la membrane, est plus léger que la chaîne des osselets de

---

(1) Note sur un nouveau sphygmographe, récompensé par la Faculté de Médecine.

(2) *Comptes rendus*, t. **167**, 1918, p. 1068.

l'oreille (6^{cg}); le papier sort développé et fixé de l'instrument de telle sorte qu'il n'y a aucune manipulation à faire; les tracés sont aussi fins que les tracés obtenus avec le noir de fumée.

Avec cette technique, pour fixer les conditions d'une expérience, il suffit d'indiquer la nature de la membrane vibrante.

Ce dispositif peut naturellement servir pour les vibrations lentes.

Conclusions. — Pendant la guerre on a fait grand usage de la méthode graphique; il serait utile de reprendre les idées émises par Marey au Congrès de Cambridge et de rendre comparables entre eux les résultats obtenus par les nombreux expérimentateurs qui emploient ces procédés.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'étincelle du fer et du cobalt dans l'ultraviolet extrême.* Note de MM. **L.** et **E. Bloch**, présentée par M. E. Bouty.

Nous avons fait connaître précédemment (1) le spectre d'étincelle du nickel dans la région de Schumann. Nous donnons ici les spectres d'étincelle du fer et du cobalt dans la même région. Le spectre du cobalt a déjà été mesuré par nous (2) jusqu'à la longueur d'onde 1873 et complété jusque vers 1828 par Takamine et Nitta (3). Mac Lennan, Ainslie et Fuller (4) ont observé dans le spectre d'arc du cobalt quatre raies entre 1850 et 1670 U. A., dont aucune ne concorde nettement avec celles que donne le spectre d'étincelle. Pour le fer, nous n'avons connaissance d'aucune mesure certaine de longueurs d'onde dans l'ultraviolet extrême.

Le spectre du cobalt et celui du fer sont extrêmement riches en raies dans la région qui nous occupe, mais ces raies sont généralement faibles (f.); de plus le pouvoir séparateur de notre prisme ne permet pas toujours de résoudre des groupes de raies très rapprochées. On s'explique ainsi que sur notre liste un grand nombre de raies soient marquées comme diffuses (d.) ou larges (l.), beaucoup d'entre elles sont probablement doubles (dou.) ou multiples (mul.).

Les huit dernières raies de la liste du cobalt ont été obtenues par extrapolation et peuvent présenter de légères erreurs systématiques.

---

(1) L. et E. Bloch, *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 320.

(2) L. et E. Bloch, *Journ. de Phys.*, t. 4, 1914, p. 622.

(3) *Mem. of the Coll. of Sci.*, Kyoto Imp. Univ., t. 2, 1917, p. 117.

(4) *Proc. Roy. Soc.*, t. 95, 1919.

Fer.

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
2	1844,5	d.	1	1686,3	d.	1	1598,5	
1	1838,0		1	1683,8	t. f.	1	1597,8	
1	1827,3	dou.	1	1680,8	dou.	1	1596,1	
1	1818,6	t. d.	1	1678,7	t. d.	1	1594,7	
1	1813,6	»	1	1675,9	t. d.	1	1592,1	
1	1808,4	»	2	1673,2		1	1590,3	f. d.
1	1802,3	»	2	1670,9		1	1588,1	»
1	1797,1	»	1	1668,4	f. d.	1	1585,4	»
1	1792,0		2	1662,4	mul.	1	1583,4	
3	1786,3	d.	1	1659,5		1	1580,8	
1	1776,3	t. d.	1	1653,7	t. d.	1	1578,9	t. f.
1	1771,9		1	1652,8	t. d.	1	1577,2	»
2	1769,7	t. d.	2	1647,2		1	1575,2	»
1	1765,0	t. f.	1	1645,3		1	1572,7	»
2	1762,2		1	1643,6		1	1571,3	
1	1760,1		2	1641,9		1	1570,3	
1	1758,5		3	1640,0		1	1568,4	d.
1	1756,7		1	1638,3		1	1566,7	
1	1753,6		1	1645,8		1	1565,6	
1	1751,7		1	1634,2		1	1564,0	
1	1749,9		1	1632,6		1	1562,9	
1	1747,4	t. f.	2	1631,1		1	1561,6	
1	1738,4	t. l.	1	1629,2		1	1560,5	
1	1735,6	»	2	1626,5	t. l.	1	1559,1	
1	1732,5	»	1	1625,5		1	1557,4	mul.
1	1731,1	»	1	1623,6		1	1556,4	
2	1724,6	»	2	1621,5		1	1552,7	mul.
3	1718,0	»	1	1618,5	dou.	1	1550,2	?
2	1713,4	t. d.	1	1616,9		1	1544,3	t. f.
1	1711,6		1	1615,2	t. f.	2	1542,4	d.
2	1710,0	t. d.	1	1614,3	t. f.	2	1538,6	d.
1	1707,7		1	1613,2		1	1537,0	
2	1702,3	d.	1	1611,7		1	1535,4	
1	1700,8	»	1	1609,1	d.	1	1534,1	
1	1699,0	»	2	1607,7	d.	2	1532,5	t. l.
1	1697,3	»	1	1606,1		1	1531,7	
1	1695,0	»	1	1605,0		1	1530,3	
1	1691,0	»	1	1603,5				
2	1687,9	»	2	1601,4	t. d.			

Cobalt.

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
2	1845.5	t. d.	1	1691,7	t. f.	1	1588.0	»
3	1835,1		2	1689,6	d.	1	1586.0	»
3	1830,5	d. l.	2	1686,9	d.	3	1583.2	d. à g.
1	1825,5		3	1683,2	l.	3	1581.9	
2	1823,1		1	1679,8		1	1581.1	t. f.
2	1821.2		1	1677,3		3	1579.8	
1	1818.5	l.	1	1674,2	dou.	1	1578.3	
2	1812,6	mul.	1	1672.9		3	1576.8	
1	1808,2	f.	1	1670.7	t. f.	3	1575.7	
2	1804,4	l. d.	1	1668.7	t. f.	2	1574.2	l.
1	1800.4	t. f.	2	1666.7		2	1572.4	d.
2	1797.8		2	1665.6		1	1571.3	
1	1791,6		2	1661,4		1	1570,2	t. f.
4	1790,4	l.	1	1658.8		1	1567.4	d.
1	1789.0		1	1652.8	d.	1	1564.9	d.
3	1786,9	l.	1	1647.8	d.	1	1563.2	d.
3	1782,6		2	1645.8		1	1558,9	t. f.
1	1781.4		2	1642.4		1	1557.4	d.
1	1780,0		1	1641.0		1	1555.2	dou.
1	1777,1		1	1639.3		2	1552.8	
5	1772,8		2	1636.5		1	1545.8	t. f.
1	1769,8		1	1633.2		1	1544.2	t. f.
1	1768,2		3	1631.8		3	1542.2	
5	1760,0		2	1628.2	d.	1	1540.8	
1	1756,3	t. f.	1	1625.9	t. f.	1	1539.2	
1	1754,2	t. f.	3	1624.5		2	1538.0	
2	1751,5	d.	2	1622.7		1	1537.1	
1	1748.0	t. f.	1	1621.0	d.	2	1535.4	
1	1739,0		2	1618.8	d.	3	1534,1	
1	1735,8		1	1615.8	t. f.	1	1532.4	t. f.
1	1733.0		1	1614.1	t. f.	1	1530,9	f. d.
1	1730,2		3	1612.2		1	1529.5	
1	1726,3		1	1609.3	d.	2	1528,5	
3	1723.6		2	1607.6		2	1526,4	
1	1720,1		2	1606.7		2	1525,6	
2	1718,0		1	1603.9	l. f.	2	1524,1	
2	1715,9		3	1601.2		1	1523,2	
4	1707,2		1	1599.4		2	1521.7	
2	1702,8		2	1596.8	t. l.	1	1520,6	
2	1698.3		2	1594.5		2	1513.2	
3	1696,1		2	1593.1		1	1511.6	
1	1693.5	t. f.	1	1590.4	t. f.	1	1507.7	

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
2	1505,6		1	1495,2	t. f.	2	1468,4	l.
1	1504,5	t. f.	2	1492,1		2	1465,6	»
3	1502,3		1	1490,4		2	1462,6	»
2	1500,8	d.	1	1486,8		1	1459,5	
2	1499,0	d.	1	1475,8		1	1455,6	
1	1497,2	t. f.	1	1472,8				

CHIMIE PHYSIQUE. — *Kaolins, argiles, bauxites, etc. Variations de volume sous l'action de la chaleur.* Note de M. A. **Bigot**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons décrit les variations de volume de quelques kaolins et argiles sous l'effet d'un séchage lentement réglé. Nous nous proposons d'exposer ici quelques-uns des résultats que nous avons obtenus en chauffant des éprouvettes en bauxite, en kaolin, en argile, etc., jusqu'aux températures où elles se ramollissent, se déforment et s'affaissent sous leur propre poids, ces températures étant considérées actuellement comme celles des points de fusion.

Les matières à essayer sont réduites en poudre impalpable, passant au tamis de soie n° 200 (200 mailles au pouce linéaire), on les humecte pour les transformer en poudre humide, on les place dans des moules métalliques de 100^{mm} de longueur et 30^{mm} de côté, et on les comprime à la pression de 500^{kg} par centimètre carré. Les pièces, en sortant du moule, ont pris un léger allongement, qui varie de 0,6 à 1 pour 100. On mesure leur longueur, on les chauffe ensuite à 100°, puis à 200°, et ainsi de suite de 100 en 100 degrés jusqu'à la température de fusion. Après chaque opération de chauffage, on détermine la longueur des éprouvettes.

Nous bornons les descriptions de cette Note aux matières suivantes :

b. Une bauxite blanche de Maussanne (Bouches-du-Rhône), qui ne contient pas de silice libre.
r. Une bauxite rouge de Brignoles (Var), qui renferme de la silice libre.
k. Le kaolin des Eyzies (Dordogne), qui ne contient pas de silice libre.
g. Une argile à grès de la Nièvre, qui renferme de la silice libre.
s. Un mélange à parties égales de kaolin des Eyzies et de silice des galets.

([1]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 755.

Nous avons établi les courbes de leur variation de longueur avec les changements de température, en ramenant à 100 la longueur initiale (*fig.* 1).

Courbe b. — La bauxite de Maussanne commence à prendre du retrait vers 800°. Ce retrait est lent jusqu'à 1200°. A partir de 1200° jusqu'à 1360°, il est rapide. Il

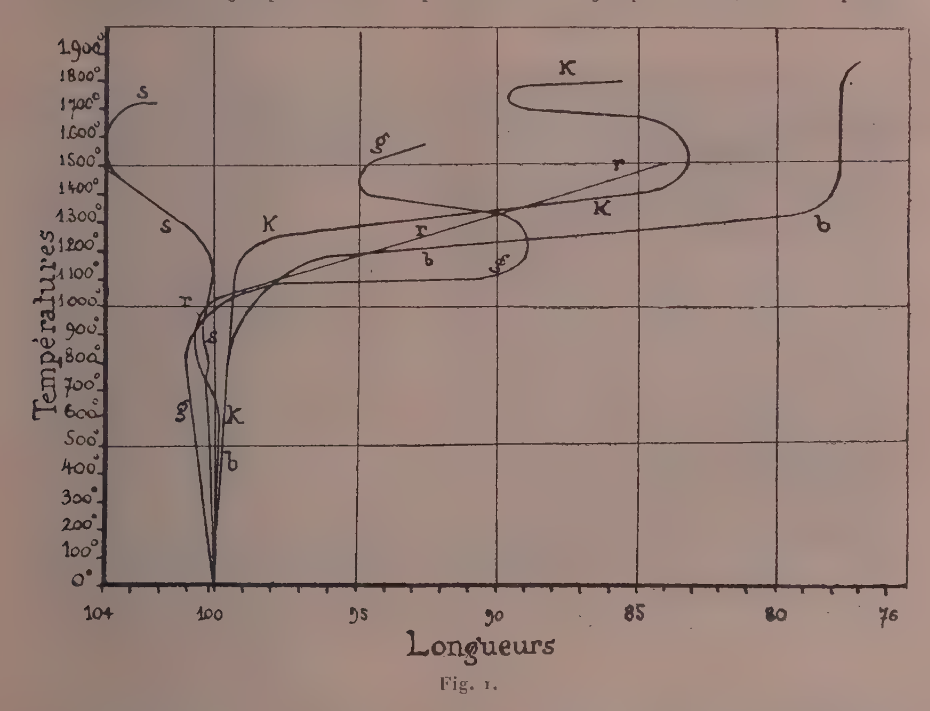


Fig. 1.

se ralentit entre 1400° et 1750°, et enfin il s'accélère vers le point de fusion qui varie entre 1900° et 1920°. La fusion de cette bauxite au cubilot ou au four électrique provoque la formation de cristaux abondants de sillimanite, $SiO^2Al^2O^3$, qui sont infusibles à 2000°.

Courbe r. — La bauxite rouge contient de la silice libre qui se gonfle à partir de 600°, mais ce gonflement est faible; à 1000°, il a disparu; cette bauxite prend ensuite un retrait important et se fissure au fur et à mesure que la température s'élève. A partir de 1500°, on voit apparaître des cristaux de corindon dont la quantité s'accroît à mesure que l'on approche de la fusion.

Courbe k. — Le kaolin des Eyzies prend du retrait à partir de 700° jusqu'à 1650°; au-dessus de cette température, il se gonfle si le chauffage est rapide, puis il prend de nouveau du retrait en approchant de sa température de fusion qui est d'environ 1790°.

Courbe g. — L'argile à grès de la Nièvre, qui commence d'abord à se gonfler jusqu'à 850°, prend du retrait jusque vers 1250°; au delà, elle se gonfle jusqu'à 1450°, puis elle diminue de volume.

Courbes. — Le mélange de kaolin des Eyzies et de silice des galets en poudre

impalpable donne naissance à trois gonflements successifs, l'un vers 700°, l'autre vers 950°, et le troisième plus important à partir de 1250° jusqu'au moment où l'on approche de la température de fusion.

Ce dernier gonflement est produit à la fois par la dilatation de la silice et du kaolin. Après avoir été porté à cette température, le mélange s'est tellement gonflé qu'il a perdu toute cohésion et est devenu friable.

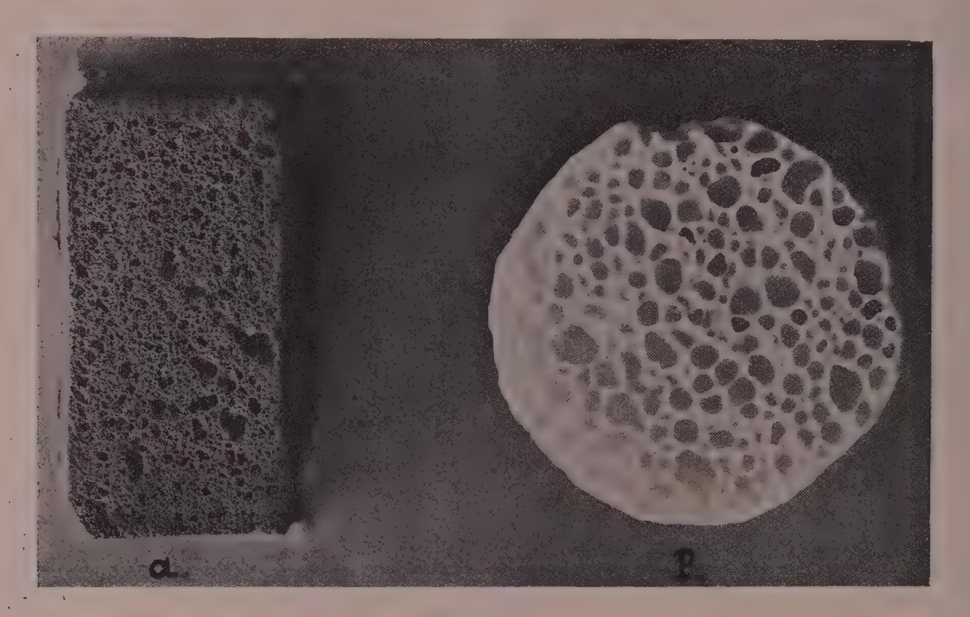


Fig. 2

De ces expériences on peut conclure :

1° Les bauxites, kaolins et argiles qui ne contiennent pas de silice libre commencent à prendre du retrait au-dessous de 1000°.

2° Toute argile, toute bauxite qui se gonfle au-dessous de 1000° contient de la silice libre.

3° Les argiles et les kaolins chauffés rapidement se boursouflent avant d'atteindre leur température de fusion. Les bauxites ne présentent pas ce boursouflement. Le gonflement est dû à la volatilisation de silice ou de silicates, ou d'autres acides ou sels minéraux qui se dégagent au moment où la matière se ramollit et se vitrifie; ces éléments forment en se volatilisant des vésicules emprisonnés dans la masse qui se gonfle sous leur pression.

Nous avons étudié particulièrement le gonflement des argiles, et d'autres silicates, et nous avons réalisé au moyen d'un certain nombre d'entre eux la reproduction de pierres ponces artificielles, dures, imperméables, dont la densité apparente est inférieure à l'unité. Nous donnons à titre d'exemple

la composition de deux ponces artificielles, *a* et *p*, et la photographie de leur coupe agrandie de moitié. *a* est un schiste ardoisier qui s'est gonflé à 1150°, et *p* est une porcelaine qui a été portée rapidement à la température de 1450° (*fig.* 2).

	a.	*p.*
Perte au feu	4,47	5,53
SiO^2	53,40	64,45
Al^2O^3	26,67	23,08
Fe^2O^3	9,40	0,25
CaO, MgO	2,75	2,10
K^2O, Na^2O	3,78	3,63
P^2O^5	»	0,90

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les phénomènes électriques accompagnant le déplacement des métaux.* Note [1] de M. **Barlot**, présentée par M. A. Haller.

Nous avons décrit dans une précédente Note les phénomènes observés quand on étudie le déplacement des métaux dans une lame liquide d'une solution d'électrolyte [2]. L'examen des « lignes de cristaux » montre des répulsions très nettes et semble indiquer l'action de forces électriques. Un certain nombre d'expériences nous ont permis de préciser cette influence.

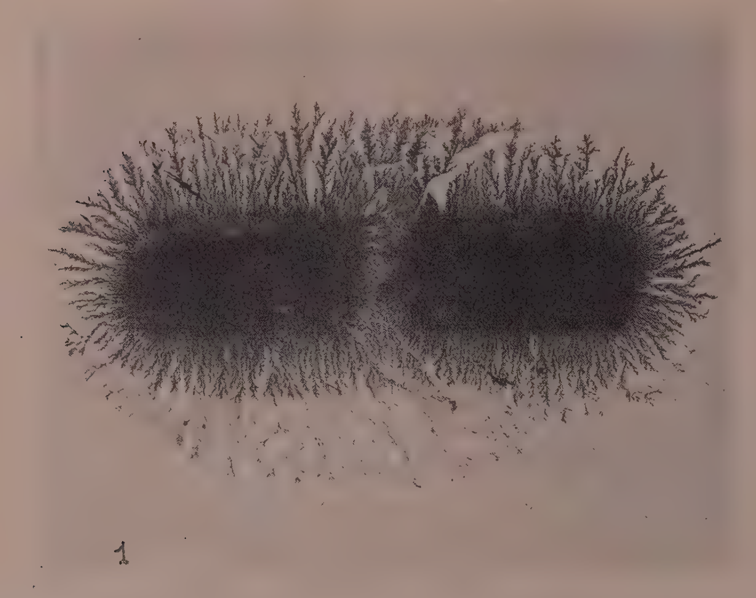
Le système formé de deux fragments de zinc et d'une solution de chlorure cuivrique donne normalement deux « spectres métalliques » symétriques avec une ligne neutre rectiligne; si l'on applique une force électromotrice supplémentaire (1 à 2 volts) en reliant chaque fragment de zinc à un pôle d'un générateur, les « spectres » obtenus sont dissymétriques, la ligne neutre est déviée et prend une forme parabolique; c'est naturellement au pôle négatif que la précipitation est la plus abondante. La photographie 1 a été faite avec le système zinc-chlorure de cadmium; la déviation de la ligne neutre est très visible. Si la force électromotrice est suffisante, on n'a de dépôt métallique que sur le zinc relié au pôle négatif.

On peut obtenir des dendrites métalliques sans faire intervenir autre chose qu'une force électrique; c'est ce que montre l'expérience faite avec deux fragments de cuivre sur du chlorure cuivrique; le dépôt, qui ne se

(1) Séance du 29 mars 1921.

(2) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 378.

forme qu'au pôle négatif, est constitué par des « lignes de cristaux » identiques à celles des cas précédents.



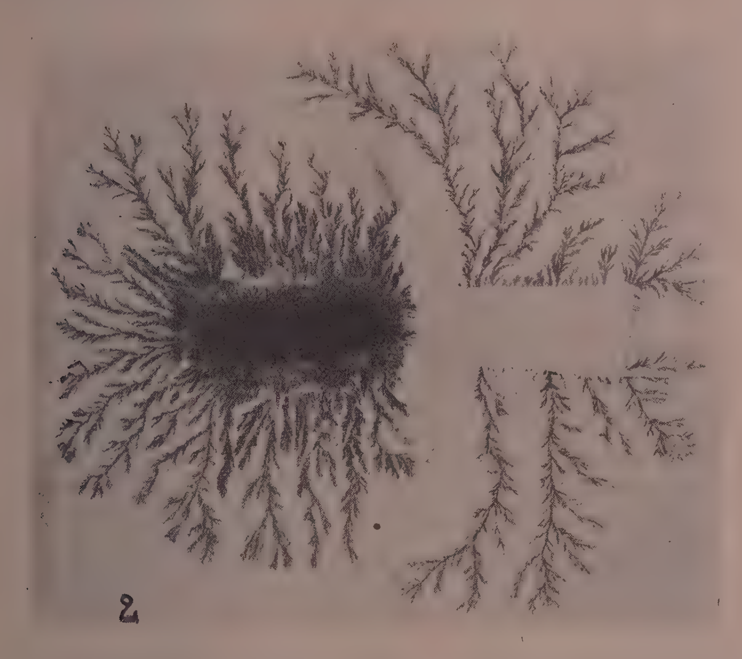
1

Nous avons aussi utilisé le dispositif suivant : un fragment de zinc et un fragment de cuivre reliés entre eux extérieurement par un fil de cuivre sont placés sur du chlorure cuivrique; le cuivre se dépose d'abord uniquement sur le zinc, puis au bout de quelques heures (en utilisant une solution cuivrique deux fois normale) les dendrites apparaissent sur le cuivre; l'aspect obtenu (photographie 2) semble indiquer que le second dépôt (celui de droite sur la photographie) est de signe contraire du précédent; les « lianes de cristaux » issues du cuivre tendent à envelopper celles partant du fragment de zinc. Le dépôt métallique sur le cuivre ne se produit que lorsque la concentration des ions $\overset{++}{Zn}$ par rapport à celle des ions $\overset{++}{Cu}$ atteint une certaine valeur, et l'on peut retarder ou accélérer cette précipitation par addition de quelques gouttes de chlorure cuivrique ou de chlorure de zinc.

Des expériences faites dans les mêmes conditions avec le système Zn-Cd-$CdCl^2$ ont donné des résultats identiques.

Certaines observations nous ayant conduit à penser que l'action de la pesanteur était à peu près nulle, nous avons pu mettre en évidence l'ensemble du champ électrique, qui accompagne le déplacement, par l'expérience suivante : deux minces fragments de zinc sont placés sur un grand nombre de feuillets imbibés de solution (30 à 40) et recouverts d'une égale quantité. Après un jour ou deux de contact, lavage complet et

séchage, il suffit de séparer les différentes feuilles pour avoir en coupe l'aspect du dépôt métallique à n'importe quelle hauteur. L'examen de ces coupes montre que les « lignes de cristaux » sont comparables aux lignes de force que donneraient deux centres électriques de même nom, et s'étendent normalement au zinc dans toutes les directions.



Nous attribuons la formation des « spectres métalliques » à l'action du champ électrique produit par le métal le plus électronégatif; cette action tend à orienter les ions positifs de l'électrolyte suivant les lignes de force; ces ions sont soumis d'autre part aux forces de cristallisation; quand ils passent à 'état métallique ordinaire, les dessins formés sont le résultat de ces deux actions.

Si l'action d'un champ nouveau intervient, on peut s'attendre à un aspect différent; si l'on remplace le verre par une lame métallique électropositive par rapport au métal de l'électrolyte, le champ électrostatique produit par la tension de dissolution du métal de la plaque exerce sur les ions positifs une action uniforme; en fait, avec un tel systéme on n'obtient pas de dendrites, mais un dépôt continu avec des stries fermées dont les fragments de zinc occupent le centre.

GÉOLOGIE. — *Sur un important mouvement orogénique au début du Crétacique dans la Kabylie des Babors.* Note (¹) de M. **Ehrmann**, transmise par M. Ch. Depéret.

Les sédiments crétaciques dans la Kabylie des Babors, en particulier sur les flancs des chaînes liasiques et jurassiques, sont non seulement transgressifs sur le Trias, le Lias, le Jurassique, mais se montrent sous un faciès mixte bathyal et littoral extrêmement curieux, et qui n'a jamais été encore signalé dans la région tellienne.

Les dépôts crétacés dans la chaîne des Babors débutent par des schistes de coloration et d'aspect très variables, sans stratification régulière, grumeleux ou finement détritiques, avec reprise assez fréquente d'éléments triasiques (quartz bipyramidés, etc.). La sédimentation devient ensuite de plus en plus régulière et calcaire (calcaires marneux, schistes marno-calcaires) avec intercalation de nombreux bancs de conglomérats à éléments parfois très volumineux de Trias, Lias et Jurassique. Ces conglomérats sont très puissants (300^m) sur le flanc nord du Djebel Imoulentaour-Adrar N'Fad (1700^m) où l'oued Acif Ikrouane entaille perpendiculairement ces couches et permet d'en relever une bonne coupe. Ailleurs (oued Agrioum), ce sont de nombreux bancs d'épaisseur variable intercalés dans les schistes bathyaux.

Il s'agit donc bien d'un faciès mixte à la fois bathyal et littoral, car toute une faune de bélemnites et ammonites du Crétacé inférieur se trouve aussi bien dans les schistes marno-calcaires que dans les conglomérats, et parfois même, presque uniquement dans ces derniers (²). J'ai trouvé ce Crétacé détritique autour du Djebel Arbalou (1317^m), promontoire liasique qui se dresse, isolé, à l'ouest de Bougie ainsi qu'au nord même de cette ville, au-dessus du Marabout de Sidi Touati. Il est également important de noter de beaux exemples de « ripple-marks » sur les surfaces gréso-schisteuses du Crétacé inférieur, à la ferme Lambert, située sur le flanc ouest du promontoire liasique du cap Aokas. Les observations ci-dessus sont intéres-

---

(¹) Séance du 29 mars 1921.

(²) Parmi les formes les plus abondantes je citerai : *Kilianella Roubaudi* d'Orb., *Neocomites neocomiensis* d'Orb., *Holcostephanus hispanicus* Mallada, *Lissoceras Grasi* d'Orb., etc.

santes et démontrent que les chaînes de la Kabylie des Babors étaient esquissées et en parties émergées au début du Crétacé, et, fait intéressant, avec une orientation générale Est-Ouest, sensiblement analogue à l'orientation actuelle. D'autre part, j'ai également pu observer des faciès détritiques à travers tout le Crétacé, ce qui indiquerait que les mers crétacées ont pénétré dans les couloirs étroits et profonds des synclinaux ou anticlinaux érodés (1).

Les éléments arrachés aux îles et îlots plus ou moins allongés de l'Est à l'Ouest ont donc été immédiatement entraînés dans les profondeurs : d'où cette anomalie de faciès des dépôts devenus bathyaux quoique à caractère littoral.

Ainsi, la constitution orogénique de cette partie de la Kabylie s'affirme dès le Crétacé, pour se poursuivre sans apparence de modifications importantes à travers les époques ultérieures, donnant à ces chaînes un caractère autochtone.

OCÉANOGRAPHIE. — *La circulation océanique et la densité des eaux.* Note de M. J. **Thoulet**, présentée par S. A. S. le prince Albert de Monaco.

Les courants marins sont la résultante d'une infinité de causes d'importance variable parmi lesquelles les principales sont le vent, la rotation terrestre et les deux actions antagonistes de la chaleur qui, d'une part, dilate l'eau et la rend ainsi plus légère et, d'autre part, l'évapore, concentre les sels qu'elle contient et par conséquent l'alourdit. Ces deux dernières influences sont caractérisées par une unique variable, la densité *in situ*, c'est-à-dire le poids du décimètre cube d'eau de mer dans les conditions mêmes de température, de salinité et même de pression quand il s'agit d'eaux profondes où l'échantillon se trouvait, alors qu'on l'a récolté pendant qu'il jouait dans la nature le rôle que l'océanographe cherche précisément à élucider. La densité *in situ* donnant le total de l'addition algébrique, il faut se garder d'en isoler les deux éléments constituants, température et salinité. Avec sa densité *in situ*, l'échantillon est en quelque sorte vivant,

(1) F. Ehrmann, *Du Trias et de son rôle tectonique dans la chaîne des Babors* (*Comptes rendus Soc. Géol. Fr.*, 7 février 1921).

tandis que sa densité normale à zéro le caractérise à l'état mort, tel qu'il serait dans un flacon à côté d'autres échantillons également en flacons dont il importerait de le distinguer.

L'évaluation prompte et précise de la densité *in situ*, par un procédé d'application facile, simultanément en divers points superficiels ou profonds d'un même courant, sur une quantité d'eau aussi petite que possible dans le cas d'eaux profondes est le but que l'on doit s'efforcer d'atteindre. Ces desiderata sont satisfaits par l'emploi d'un procédé indirect consistant à prendre, à bord, à la température ambiante l'indice de réfraction de l'échantillon au moyen d'un réfractomètre convenable (le meilleur est celui de Abbe et surtout celui du modèle dit *plongeur*) et à passer ensuite de cette donnée, à l'aide de tables et d'un graphique spécial, à la valeur de la densité *in situ* et, si on le juge nécessaire, à celles de la densité normale, de la salinité et de la chloruration. L'opération tout entière exige à peine quelques minutes et fournit la densité cherchée avec une approximation de 1 à 2 unités de la 4e décimale.

J'avais autrefois tracé et publié un graphique donnant immédiatement la variation de la densité avec la température pour plusieurs échantillons types de densité déterminée d'eaux de mer. Privé par la guerre de ce document, j'ai adopté les Tables dressées par Knudsen dans le même but et je les ai mises, elles aussi, sous la forme plus commode de graphique.

Tenant à employer le même graphique pour les densités et pour les indices et ne possédant point de laboratoire pour mesurer, aux diverses températures, les indices des échantillons types de Knudsen, en faire le tableau et en tracer les courbes, j'ai demandé à M. Vaurabourg de se charger de ce travail. Il a bien voulu accepter cette tâche beaucoup plus délicate qu'on ne le croirait. Grâce au graphique actuel, les déterminations se font dans toutes les conditions désirables.

Comme exemple, en me servant des données recueillies à bord du *Challenger*, j'ai dressé par isopycnes deux cartes de l'Atlantique Nord, l'une superficielle, l'autre par 300 brasses (549^{m}) de profondeur. En ne prenant que la 3e décimale dans la valeur des densités, elles ont suffi à vérifier les lois déjà connues formulées par Buchanan et relatives à la circulation océanique. Elles montrent surtout avec une grande netteté la colonne verticale sous-marine qui établit la communication entre les eaux de surface et les eaux profondes dans leur mouvement, d'abord centripète, puis centrifuge, et complète de cette façon le cycle de la circulation océanique.

Pour obtenir des notions plus précises et plus étendues sur la question il n'est plus désormais nécessaire que de mesurer un nombre plus considérable d'échantillons et surtout de se mettre d'accord pour opérer les prélèvements d'eau dans les mêmes plans parallèles à la surface. On dressera ainsi avec des densités *in situ* par un véritable nivellement le relief isopycne instable de la surface de la mer, celui plus constant de ses profondeurs, tous deux analogues au relief permanent des continents par isohypses et au relief par isobares de l'atmosphère, le plus instable de tous obtenus l'un et l'autre par le baromètre.

OCÉANOGRAPHIE. — *Densités et indices des eaux de mer.* Note de M. C. **Vaurabourg**, présentée par S. A. S. le prince Albert de Monaco.

Les méthodes habituelles de mesure de la densité ne sont guère praticables à bord des navires, l'aréomètre même ne peut servir que pour les échantillons de surface parce qu'il nécessite un litre de liquide. On avait recours à la mesure chimique de la salinité comportant des burettes et liqueurs titrées. M. Thoulet voulant remplacer cette méthode indirecte par la mesure de l'indice de réfraction, j'ai étudié, à sa demande, la relation entre la densité des eaux de mer et les indices de réfraction à différentes températures.

J'ai constitué huit eaux de mer artificielles par dilution ou concentration d'eau de mer naturelle puisée au large de Monaco et mesuré, pour toutes les températures comprises entre 0° et 33°, les indices de réfraction, par rapport à l'air et pour la raie D, de ces eaux. Par interpolation il est facile, connaissant l'indice à une température donnée, de calculer la densité de l'eau de mer considérée à une température quelconque.

Le tableau ci-après résume les résultats obtenus et montre la correspondance avec les densités. Ces dernières sont empruntées à M. Knüdsen. Les mesures d'indices ont été exécutées avec le réfractomètre Féry à cuve chauffable pour les températures supérieures à la température ambiante et avec le réfractomètre Leiss à immersion pour les températures inférieures jusqu'à 0°.

De l'examen des résultats on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Pour une eau de mer donnée, la variation d'indice avec la température est environ 2 fois et demie plus faible que la variation correspondante de la densité.

2° A température constante, la variation d'indice est environ 4 fois plus faible que la variation correspondante de la densité avec la concentration en sels.

3° Pour une température donnée, l'indice est proportionnel à la densité prise à 0°. Autrement dit : n_t et ν_t étant les indices à $t°$ d'une eau de mer quelconque et d'une eau type, l'eau distillée par exemple, d_0 et δ_0 les densités respectives à 0°, on a

$$n_t - \nu_t = K(d_0 - \delta_0),$$

le coefficient K étant variable avec la température. Si l'on trace sur un graphique les isothermes représentant les variations de l'indice en fonction de la densité à 0°, on obtient un faisceau de droites divergentes dont le coefficient angulaire K diminue quand la température augmente suivant l'équation

$$K_t = K_0 - at + bt^2 = 0,24399 - 861,0.10^6 t + 8,990.10^{-6} t^2.$$

Or l'indice de l'eau distillée entre 0° et 40° est très bien représenté par la formule

$$\nu_t = \nu_0 - \alpha t - \beta t^2 = 1,33406 - 15,3.10^{-6} t - 1,78.10^{-6} t^2.$$

En combinant ces formules, on arrive à l'équation suivante, qui permet de calculer la densité à 0° d'une eau de mer dont on connaît l'indice de réfraction à $t°$:

$$d_0 = \frac{n_t - 1,09010 - 845,6.10^{-6} t + 10,767.10^{-6} t^2}{0,24399 - 861,0.10^{-6} t + 8,990.10^{-6} t^2}$$

4° A 0° on en déduit la relation

$$\frac{n_0 - 1,09010}{d_0} = 0,24399,$$

qui relie l'indice et la densité des eaux de mer de différentes concentrations. Elle se vérifie avec une exactitude bien plus grande que la loi de Gladstone et Dale.

5° Les indices ne pouvant pratiquement pas être mesurés à moins de demi-unité de la quatrième décimale, il en résulte que l'erreur possible sur les densités correspondantes est inférieure à deux unités de la quatrième décimale. La précision de la méthode est donc comparable à celle des meilleurs aréomètres.

	Eau pure.		N° 1.		N° 2.	
	d.	n.	d.	n.	d.	n.
0°........	0,99987	1,33406	1,00400	1,33507	1,00800	1,33604
5	999	395	404	494	795	589
10........	973	374	370	470	755	565
15........	913	343	304	437	683	530
20........	823	303	210	396	584	488
25........	707	255	009	347	460	438
30........	567	200	0,99946	291	313	382

	N° 3.		N° 4.		N° 5.	
	d.	n.	d.	n.	d.	n.
0°........	1,01200	1,33702	1,01600	1,33800	1,02000	1,33897
5........	187	685	579	781	1972	877
10........	140	660	526	753	1912	848
15........	063	624	443	718	1824	811
20........	0960	581	335	673	1712	766
25........	832	530	201	622	1577	713
30........	682	473	051	564	1421	655

	N° 6.		N° 7.		N° 8.	
	d.	n.	d.	n.	d.	n.
0°........	1,02400	1,33995	1,02800	1,34092	1,03200	1,34190
5........	2364	973	2757	069	3150	165
10........	2298	943	2685	038	3072	133
15........	2205	905	2587	3999	2969	092
20........	2089	858	2466	951	2844	043
25........	1950	805	2324	897	2699	3988
30........	1791	746	2163	836	2535	927

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Phytogéographie dynamique des dunes du golfe du Lion.* Note de M. G. **Kühnholtz-Lordat**, présentée par M. Guignard.

Les conditions biologiques des dunes littorales du golfe du Lion n'ont été l'objet d'aucun travail d'ensemble.

Les conceptions présentées par M. Astre dans son intéressante Note à l'Académie, le 11 octobre 1920, ne nous paraissent pas applicables au rivage méditerranéen français en raison du régime spécial qui préside à sa topographie et à son évolution.

Le rideau des dunes, interrompu çà et là par des graus permanents ou transitoires, y dépasse rarement 60^m de largeur; généralement peu élevé, il atteint au maximum 8^m de hauteur.

Très rapprochées du bord d'une mer à marées pratiquement nulles, les dunes sont parfois envahies, rongées ou même localement nivelées par les vagues les plus puissantes des tempêtes marines du Sud ou du Sud-Est. A cette action destructrice s'ajoute celle des vents dominants, Mistral et congénères, vents du Nord-Ouest aussi violents que fréquents, qui déciment nos dunes.

Des dunes internes se trouvent en Camargue, sur les lidos successifs. Elles ne seront pas étudiées ici en raison de leur ancienneté, de leur fixation par les Pins ou de leurs remaniements culturaux.

Les actions combinées du « trinome dynamique » normal : le vent, le sable, l'obstacle, se traduisent dans l'ensemble par un chaos de mamelons. Dans ce faciès chaotique, la dune devient aussi imprécise que l'individu d'une plante stolonifère. Cette caractéristique de nos dunes languedociennes se retrouve sur les côtes algériennes, par exemple autour de la baie d'Alger [1]. Par contre, elles n'ont d'analogie ni avec les dunes désertiques (Erg) ni avec celles des dunes de Gascogne qui sont dépourvues de végétation (D. du Pilat). Toutes nos dunes, sans exception, sont tapissées par une végétation plus ou moins abondante dont nous aurons à préciser le rôle.

Les dunes couvertes résultent en effet du triple jeu des actions éoliennes, de la pesanteur et d'un obstacle dont le caractère essentiel est d'être vivant. L'obstacle vivant est donc le facteur dynamique fondamental de la formation de nos dunes littorales. La plante la mieux adaptée à cet égard est l'*Ammophila arenaria* Link (Oyat). La dune peut naître dès que l'*Ammophila* peut germer sur la plage.

Dès sa germination, l'*Ammophila* est soumise à l'action des vents marins, agents dynamiques édificateurs en raison de leur passage sur la plage où ils se chargent de sable. Le sable est d'ailleurs peu abondant par suite du peu d'ampleur des marées et de la faible largeur de la plage; cette largeur aurait même une tendance à se réduire par suite de la poussée des semences vers la mer par les vents de terre. Parmi ces semences, celles de l'*Ammophila* sont particulièrement aptes à prendre pied : sous ce rapport, l'Oyat a une véritable organisation *offensive*.

L'accroissement de la dune est ensuite subordonné à l'aptitude de la plante à lutter contre l'*ensevelissement*. Sur les monticules de la *créatrice* (Oyat) se développent des *édificatrices* qui manifestent leur pouvoir édificateur à des

---

(1) L. Ducellier, *Études phytogéographiques des dunes de la baie d'Alger* (*Revue générale Botanique*, t. 23, p. 273 et 320).

degrés très divers. Mais c'est encore l'*Ammophila* qui demeure à cet égard le végétal de choix. Ainsi s'édifie la dune, par superpositions successives. Au point de vue de la phytogéographie génétique, l'*Ammophila*, prend donc une valeur qui la place bien au-dessus de tous les autres végétaux de nos dunes littorales.

A la capacité de charge, fonction du sable, correspond un pouvoir de décharge, fonction de l'obstacle. On conçoit dès lors que les vents du large, en raison même de la conquête de la plage par l'*Ammophila*, n'arriveront aux crêtes les plus lointaines et les plus hautes qu'avec une charge résiduelle plus ou moins réduite ou même nulle. Les dunes qui échappent ainsi à l'alimentation en sable sont arrivées au stade adulte : elles entrent alors dans la phase de conservation.

La conservation des dunes adultes est extrêmement précaire parce qu'elles sont soumises, sans contre-partie, à la destruction par les vents de terre (Mistral). Seule, la fixation des sables par la végétation peut enrayer cette dégradation : elle est fonction de l'aptitude des plantes à lutter contre le *déchaussement*. Sous ce rapport, l'*Ammophila* doit être reléguée à un rang très inférieur. Deux plantes *conservatrices*, au contraire, prennent une importance de tout premier ordre par une organisation adaptationnelle dont elles représentent les deux modalités principales :

Le *Teucrium Polium* L., par son pivot vigoureux, par ses frondes courtes et serrées (coussinet), par ses racines adventives fines et drues formant une nappe à peu de distance de la surface, jouit vis-à-vis des vents destructeurs d'une organisation *prohibitive*.

L'*Ephedra distachya* L., sans interdire toujours l'érosion éolienne, la retarde généralement et lui survit grâce à ses stolons plus ou moins parallèles à la surface et qui dotent le végétal d'une organisation *défensive* rappelant l'un des aspects classiques de la lutte contre les éboulements en montagne.

Toutes ces adaptations ne sont valables que pour des vents modérés et perdent toute signification lorsque les vents deviennent violents ($v \geqq 20^m$). Le déchaussement se généralise alors : le terme ultime de la dégradation a été décrit par MM. Harlé [1] sous le nom de *Caoudeyre*, entonnoir vertical pouvant atteindre 5^m à 6^m de profondeur.

Dynamiquement, ce stade de vieillesse, en rapport avec les vents de terre

---

[1] Ed. et Jacques Harlé, *Mémoire sur les dunes de Gascogne avec observations sur la formation des dunes* (*Bull. de la Sect. de Géogr.*, t. 34, 1919, p. 1-145).

pour nos dunes méditerranéennes, doit être opposé au stade de rajeunissement incessant, en rapport avec les souffles du large. Mais topographiquement il n'y a pas deux zones distinctes : le terme de l'évolution de nos dunes est le « chaos caoudeyrisé ». La zonation ne se conçoit que dans la stabilisation ou bien dans l'uniformité et la continuité des facteurs dynamiques.

Le vent apparaît dès lors comme le modeleur-répartiteur de la biologie de nos dunes. Il est modeleur mécaniquement sur le sol (faciès dunal) et physiologiquement sur la végétation (formes biologiques, xérophilie, spectre biologique (1). Il est répartiteur des êtres vivants au point de vue de leurs aptitudes à lutter contre ses propres actions, aptitudes qui se traduisent par les modalités diverses de l'organisation épharmonique.

BOTANIQUE. — *Sur le* Gymnodinium pseudonoctiluca *Pouchet*. Note de M. **J. Pavillard**, présentée par M. Guignard.

L'attention a été récemment rappelée sur ce remarquable organisme, découvert en 1884 (juin), par G. Pouchet dans la baie de Concarneau, retrouvé par lui, en 1890 (août), dans les parages des Faeröer, et qui n'avait jamais été revu depuis.

D'après C.-H. Ostenfeld, il ne pourrait être étudié que vivant : étant dépourvu de paroi cellulaire, il deviendrait, en effet, méconnaissable dans le matériel conservé (2).

Dans un Mémoire récent (3), consacré aux Péridiniens du détroit de Plymouth, Mlle Marie Lebour attribue au *Gymnodinium pseudonoctiluca* quelques échantillons de forme cylindrique, mesurant environ 100^{μ} de longueur, avec un gros noyau ovoïde et de nombreux chromoplastes jaunes.

Le *G. pseudonoctiluca* apparaît, de temps en temps, dans le golfe du Lion, pendant la période estivale ; il abonde, en particulier, dans mes récoltes de juin-juillet 1907.

C'est un organisme très volumineux, de forme ovoïde, dépassant 200^{μ}

(1) Au sens de M. Raunkiaer.

(2) C.-H. Ostenfeld, *Phytoplankton* in *Warming*, *Botany of the Færöer*, Part 2, 1903, p. 561.

(3) Marie-V. Lebour, *The Peridiniales of Plymouth Sound from the Region beyond the Breakwater* (*Journ. Mar. Biol. Assoc.*, t. 11, 1917).

en longueur et 150^{μ} en largeur. J'ai pu observer sur le vivant, dans quelques individus, le curieux tentacule découvert par Pouchet; mais cet appendice immobile, simple expansion tubuleuse transitoire, sans fonction connue, n'est plus représenté que par une courte protubérance dans le matériel fixé.

La masse cytoplasmique interne, rapprochée de la région ventrale, souvent colorée en rose plus ou moins vif, est reliée à la périphérie par un grand nombre de fins cordons ramifiés (*fig.* 1).

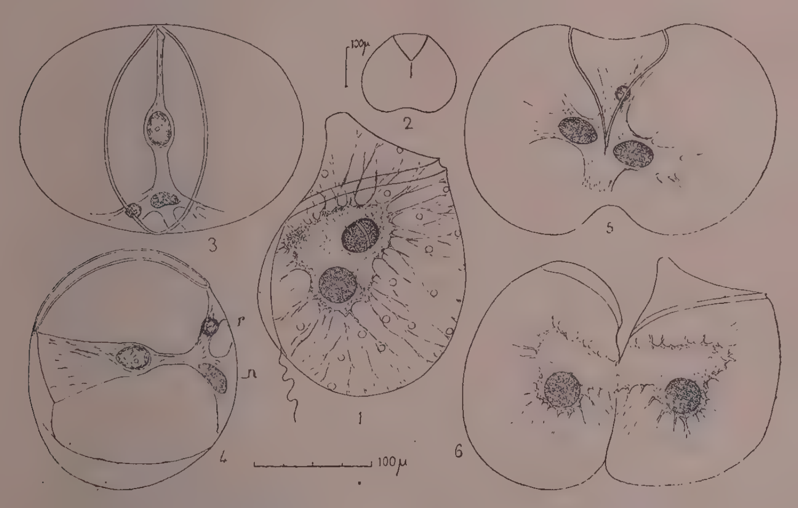


Fig. 1 à 6. — *Gymnodinium pseudonoctiluca* : 1. Un individu adulte digérant un *Protoceratium reticulatum*. — 2. Un stade de division : vue antérieure (ventrale). — 3. Le même : vue apicale (supérieure). — 4. Le même : vue de profil (latérale); *n*, noyau; *r*, corps résiduel. — 5 et 6. Stades plus avancés de la division.

(Gr. : 180 env., sauf fig. 2 : 55 env.)

Le noyau, parfaitement sphérique, est du type massif; après fixation picroformolique, il présente une structure finement granuleuse.

Il n'y a pas de chromoplastes, mais un certain nombre de très petits plastides incolores, sphériques (gouttelettes réfringentes de Pouchet ?) appliqués intérieurement contre la membrane.

Le mode de nutrition est franchement hétérotrophe. Le *G. pseudonoctiluca* capture divers Péridiniens cuirassés et les incorpore dans sa masse plasmique où ils sont lentement digérés; sa proie habituelle est le minuscule *Protoceratium reticulatum*, mais il s'empare aussi de formes beaucoup plus volumineuses, telles que *Diplopelta bomba*, *Peridinium divergens*, etc.

Vers le début de la division cellulaire, toujours longitudinale [1], se produit un remarquable changement de forme et de structure.

La saillie conique apicale s'efface entièrement, tandis que la région opposée se dilate transversalement, de part et d'autre d'une dépression médiane antéro-postérieure (dorsiventrale); le contour devient ainsi régulièrement cordiforme (*fig*, 2). Le cytoplasme s'accumule contre la partie moyenne de la région dorsale, en une masse largement vacuolisée, englobant le noyau et les corps résiduels (*fig*. 3 et 4). Du milieu de cette masse s'élève une colonne plasmique cylindrique, brusquement dilatée autour d'une volumineuse enclave ovoïde, située au centre de la cellule, et de nature inconnue. Au delà de l'enclave, la colonne plasmique s'aplatit en lame verticale, progressivement élargie, fixée à la paroi ventrale, dans le plan de symétrie, par une insertion linéaire très apparente (*fig*. 2-4); l'origine et le but de ce dispositif sont inconnus.

Les figures 5 et 6 représentent deux phases plus avancées de la division. Les noyaux-fils sont déjà individualisés. La dépression inférieure s'est accentuée. Une autre dépression s'est creusée au milieu de la région supérieure délimitée par le sillon transverse qui descend également sur les deux faces ventrale et dorsale. A l'issue de la division, le plan de symétrie commun aux deux cellules-filles est perpendiculaire à celui de la cellule-mère. Les stades intermédiaires m'ont échappé.

Sous le bénéfice de ces observations, le *Gymnodinium* décrit par Mlle Lebour ne saurait, à mon avis, être identifié avec l'espèce de G. Pouchet; je propose donc de le nommer *G. Lebourii*, en l'honneur de la distinguée naturaliste de Plymouth.

BOTANIQUE. — *Sur les corpuscules bruns de la brunissure de la vigne.* Note de M. **Jean Politis**, présentée par M. Gaston Bonnier.

La brunissure de la vigne, maladie caractérisée par l'accumulation de globules bruns dans les cellules épidermiques, a été attribuée à diverses causes.

Jules Pastre croit à l'action d'une cochenille. En 1892, Viala et Sauvageau attribuèrent la brunissure à un Myxomycète, le *Plasmodiophora vitis*.

---

[1] La soi-disant division transversale des Péridiniens ne repose que sur une erreur d'interprétation.

Debray (1894) regarde les globules bruns comme des kystes du parasite, alors que Viala et Sauvageau les tenaient pour les produits d'excrétion; il change le nom de l'organisme précédent, tout en le conservant parmi les Myxomycètes et l'appelle *Pseudocommis vitis*. Roze a encore exagéré ces opinions en amplifiant le parasitisme du *Pseudocommis vitis*. Prunet (1894) rattache la brunissure de la vigne à sa chytridiose, maladie causée par une Chytridiacée (*Cladochytrium viticolum*) qui d'après lui cause à la fois la gommose bacillaire, le court-noé, etc. J. Dufour (1902) attribue la brunissure à l'action des larves qui présentent une grande ressemblance avec celles du *Phytoptus vitis*. Ducomet (1900), tout en admettant, dans certaines conditions rares, l'intervention du parasitisme (oïdium par exemple) pour la vigne, considère la brunissure comme une maladie d'ordre physiologique, causée par de brusques variations dans les conditions météoriques. Cavara aussi se refuse à voir dans le contenu des cellules malades un parasite quelconque : « Au lieu, dit-il, d'un vrai organisme, vivant dans les cellules sous forme de plasmode, il s'agirait peut-être, à mon avis, d'un état spécial du contenu cellulaire, d'une altération chimique provoquée par de brusques changements de conditions météoriques. »

Ravaz (1904) n'accepte pas ces conclusions en ce qui a trait à la cause de la maladie; il déclare que : « La brunissure est la conséquence d'une surproduction, qui amène l'appauvrissement et l'épuisement des tissus. »

Nous avons eu l'occasion d'observer, dans la première quinzaine du mois de septembre de l'année dernière, une invasion de brunissure dans un vignoble des environs d'Athènes. Sur tous les cépages, nous avons rencontré les mêmes symptômes; les tiges présentaient de petites ponctuations brunes ou plus souvent noires, nettement visibles sur le fond vert des sarments. Sur les feuilles, la brunissure commence par des taches brunes, de quelques millimètres, siégeant entre les nervures sur la face supérieure et visibles au début, surtout par transparence. Ces taches, de forme irrégulière, s'étendent et ne tardent pas à devenir confluantes.

Dans un précédent Mémoire, nous avons montré par l'étude vitale de la pigmentation chez un certain nombre de fleurs, que les pigments anthocyaniques apparaissent d'abord dans le cytoplasme au sein de corpuscules spéciaux que nous avons désignés sous le nom de *cyanoplastes*. Guilliermond a confirmé mes résultats et a montré par des recherches importantes que les pigments anthocyaniques sont les produits de l'activité des mitochondries.

Il serait intéressant de rechercher si les globules bruns, qui commu-

niquent leur teinte à la feuille atteinte de brunissure, sont des mitochondries. Examinons les altérations des feuilles dans les différentes phases de leur développement. Une coupe tangentielle à la face supérieure nous montre, dans les cellules épidermiques, un cytoplasme creusé de grosses vacuoles, avec un noyau en occupant généralement le centre. Dans le cytoplasme, on constate l'existence de nombreuses granulations, de couleur et de volume très variables.

Au début, elles sont très petites, incolores et d'un aspect brillant. Dans certaines cellules, on peut constater que ces granules prennent une teinte jaunâtre, puis grossissent, et se transforment en grosses sphérules d'un jaune brun qui passe au brun foncé. Ce sont elles qui communiquent à la feuille la couleur brune que l'on sait. Les sphérules noircissent sous l'action des sels ferriques, réduisent l'acide osmique et fixent le bleu de méthylène. Elles renferment donc du tanin, comme l'a montré aussi Ducomet.

Dans les tissus palissadiques et lacuneux, on trouve les mêmes granulations. Elles se présentent ici généralement en gros amas, mais peuvent aussi apparaître sous la forme de grosses sphérules, incolores, jaunâtres ou brunes, tout comme dans l'épiderme. Elles peuvent se présenter avec des vacuoles et souvent semblent se fusionner pour constituer de grosses masses à contour irrégulier, lobé, ressemblant un peu à des cellules de levure en voie de bourgeonnement. Toutes ces lésions de la brunissure ont été étudiées minutieusement par Ducomet.

Examinons maintenant avec les méthodes de Regaud ou de Benda une feuille qui commence à brunir. Dans le cytoplasme des cellules où l'affection débute, on constate l'existence de mitochondries, sous forme de petits grains généralement sphériques, isolés. La plupart de ces éléments participent à l'élaboration du tanin et l'on peut observer facilement des stades de transition entre ces éléments et les grosses sphérules brunes.

A un stade plus avancé, on voit un certain nombre de ces mitochondries granuleuses subir un accroissement de volume assez sensible. Les mitochondries se transforment alors en vésicules dont les dimensions varient de moins de 1^{μ} à 10^{μ} de diamètre et même davantage, et dont le centre est occupé par un composé tannique. Les vésicules ainsi formées s'accroissent peu à peu par suite de l'augmentation de volume de la masse du composé tannique contenu dans leur intérieur, tandis que leur enveloppe s'amincit.

Ainsi les résultats que nous avons obtenus démontrent que les corpuscules bruns de la brunissure ne sont ni les kystes d'un parasite, comme le prétend Debray, ni des produits d'excrétion comme le supposaient Viala

et Sauvageau, mais résultent simplement d'une transformation des mitochondries granuleuses. La mitochondrie se transforme intégralement en une vésicule occupée par une boule d'un composé tannique et entourée d'une enveloppe mitochondriale.

CYTOLOGIE. — *Spermatogenèse et chromosome exceptionnel chez* Naucoris maculatus *Fab.* Note (1) de M. R. Poisson, présentée par M. Henneguy.

Dans leur étude sur les « Cellules de la lignée mâle chez *Notonecta glauca* L. », Pantel et de Sinéty (1906) signalent la présence dans les divisions de maturation d'un chromosome exceptionnel, plus massif que les autres et jamais disposé en diplosome. Ce chromosome « semble », disent ces auteurs, prendre part aux deux divisions de maturation.

Divaz (1914), dans son travail sur la spermatogenèse chez *Naucoris cimicoïdes* L., signale également dans les divisions de maturation la présence d'un « hétérochromosome », mais étudie surtout la spermiogenèse.

J'ai retrouvé chez *Notonecta maculata* Fab. le chromosome particulier signalé par Pantel et de Sinéty chez *N. glauca* L. et j'ai pu me convaincre qu'il se divise aux deux mitoses de maturation (2).

Il m'a paru intéressant de rechercher et, le cas échéant, de suivre l'évolution de ce chromosome chez une autre Hydrocorise. Je me suis arrêté à l'étude de la spermatogenèse de *Naucoris maculata* Fab.

Le mâle de cet hémiptère possède deux testicules composés chacun de quatre capsules séminifiques principales et de trois autres très rudimentaires. Dans chaque capsule principale les zones suivantes sont nettement distinctes : zone des spermatogonies, zone de croissance, zone de la première division de maturation, zone de la deuxième division de maturation, zone des spermatides et des spermatozoïdes.

Dans la zone des spermatogonies, les cystes secondaires sont formés de cellules plus ou moins ovoïdes. Ces cellules possèdent chacune un noyau très chromatique avec un nucléole peu sidérophile; le cytoplasme est en outre chargé d'éléments mitochondriaux de formes diverses et présente

(1) Séance du 21 mars 1921.

(2) Il existe chez *Notonecta maculata*, dans la plaque équatoriale de la première division : 11 autosomes, 2 microchromosomes au centre de la plaque dont je n'ai pas suivi la genèse, 1 grand et gros chromosome.

dans la région tournée vers le centre du cyste une plage de mitochondries granuleuses. Les mitoses des spermatogonies sont massives et difficiles à étudier; on distingue cependant un chromosome particulier plus gros et plus grand que les autres.

Pendant la période d'accroissement des spermatocytes issus de la dernière division spermatogoniale, la chromatine s'amasse en deux corps chromatiques. L'un est très gros, plus ou moins sphérique, l'autre est plus petit.

On distingue en outre un réticulum peu accentué. Au fur et à mesure que le spermatocyte s'accroît on observe les faits suivants : les deux corps chromatiques, d'abord éloignés l'un de l'autre, se rapprochent, puis s'accolent sans toutefois se fusionner. A partir de ce moment le plus petit s'allonge et prend sensiblement une forme d'haltère. Il s'éloigne ensuite de son conjoint qui se segmente alors progressivement. La fin de la période d'accroissement est caractérisée par la formation d'un long spirème qui s'appuie par une de ses extrémités sur le petit corps chromatique qui maintenant a pris la forme d'un bâtonnet massif. Ce corps constitue dès lors ce que j'appelle le *chromosome exceptionnel*.

Lors de la segmentation du spirème en chromosomes, le chromosome exceptionnel ne change pas de forme, il est rejeté près de la membrane nucléaire.

Dans la plaque équatoriale qui précède la première division de maturation, on compte 17 chromosomes qui se répartissent de la façon suivante :

14 autosomes sensiblement de même taille et en forme de bâtonnets massifs; 2 microchromosomes différents de taille et situés à l'intérieur de la plaque; 1 chromosome exceptionnel, qui est situé un peu en dehors de la plaque équatoriale.

Lors de la prophase de cette première division, les autosomes subissent une division longitudinale à la suite de laquelle il se forme des diplosomes. Les éléments constituants de ceux-ci se séparent et se dirigent vers les pôles du fuseau. Ils sont dépassés dans ce mouvement par les microchromosomes, car dès le commencement de la métaphase, on observe déjà, aux deux pôles du fuseau et au voisinage des centrosomes, un microchromosome; le second étant généralement à mi-chemin de son trajet.

Pendant ce temps le chromosome exceptionnel s'est allongé, a pris la forme d'un V massif; les deux branches du V se rapprochent et finalement se séparent l'une de l'autre, formant deux tronçons massifs. Ce processus s'effectue lentement, aussi chaque chromosome exceptionnel fils est très en retard sur tous les autres chromosomes.

La plaque équatoriale de la seconde division de maturation montre :

14 chromosomes de taille à peu près semblable; 1 chromosome de petite taille; 1 chromosome exceptionnel.

On ne compte donc plus que 16 chromosomes, alors qu'au stade précédent il en existait 17. Ce fait résulte vraisemblablement de la mise en dyade des deux microchromosomes.

A la prophase de cette seconde division, les chromosomes s'allongent, se rétrécissent en leur milieu et subissent ainsi une division transversale. Ensuite l'élément que je considère comme correspondant à une dyade des microchromosomes se sépare en ses deux chromosomes constituants. Le chromosome exceptionnel se dispose parallèlement aux fibres du fuseau, puis, très lentement, encore plus lentement qu'à la première division, il subit, lui aussi, une division transversale. Lorsque chacun des chromosomes exceptionnels parvient aux pôles du fuseau, les autres chromosomes se sont souvent fusionnés déjà en une masse chromatique plus ou moins informe.

Le noyau de chaque spermatide contient donc un nombre égal de chromosomes; le chromosome exceptionnel restant longtemps reconnaissable à l'intérieur du noyau.

En résumé, l'étude de la spermatogenèse de *Naucoris maculatus* nous révèle l'existence d'un chromosome particulier auquel j'ai donné le nom de *chromosome exceptionnel*.

Ce chromosome présente beaucoup des caractères d'un hétérochromosome, tel que celui-ci a été défini par Wilson, Mac Clung, Montgomery, etc. Mais il n'en est pas un, car il se divise aux deux mitoses de maturation. Il n'est jamais disposé en diplosome; il subit donc une « eucinèse ». Des phénomènes semblables ont déjà été signalés entre autres chez *Forficula* (Zweiger), *Sagitta* (Stevens), *Scutigera* (cellules de la lignée séminale géante, Bouin et Ancel). Il semble difficile d'attribuer à ce chromosome exceptionnel un rôle quelconque dans le déterminisme du sexe, comme on l'admet généralement pour l'hétérochromosome.

MICROBIOLOGIE. — *Rôle des humeurs dans la destruction extracellulaire des microbes chez les Insectes.* Note de M. A. **Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

Dans une Note récente ([1]), MM. Couvreur et Chaovitch nous ont attribué une opinion qui n'est pas tout à fait conforme à la vérité : « M. Paillot, disent-ils, abandonnant les idées qu'il a d'abord défendues d'une production, par les Insectes, d'anticorps bactériolytiques, anticorps dont il avait même localisé la production dans les macronucléocytes, conclut que la bactériolyse peut se faire en dehors de toute activité cellulaire et qu'il existe une immunité humorale naturelle chez les Insectes. » Cette dernière affirmation, contrairement à ce que paraît impliquer la Note des auteurs précités, n'est nullement la conclusion de nos dernières recherches. Elle n'a pas été formulée à la suite de nos expériences de destruction *in vitro* du *Bacillus melolonthæ non liquefaciens* γ par le sang des chenilles d'*A. segetum*, mais dès l'année 1919, c'est-à-dire au moment où nous avons étudié le premier cas d'immunité naturelle humorale chez les Insectes.

En ce qui concerne notre opinion personnelle sur le mécanisme de l'immunité humorale, nous affirmons n'avoir pas voulu généraliser l'hypothèse nouvelle que nous avons formulée récemment; nous avons dit : « la théorie nouvelle que nous adoptons pour expliquer l'immunité des chenilles d'*A. segetum* contre le *B. m. non liquefaciens* γ est susceptible, croyons-nous, de s'appliquer à d'autres cas d'immunité humorale, au moins chez les Insectes »; mais il n'est pas question, pour le moment, d'abandon définitif de nos idées premières sur le mécanisme de l'immunité humorale. En tout cas, notre hypothèse, telle qu'elle a été formulée, ne s'applique certainement pas intégralement à quelques-uns des cas d'immunité que nous avons étudiés.

Le fait dominant, dans l'immunité chez les Insectes, c'est la diversité des réactions de défense de l'organisme suivant les espèces microbiennes et les individus, et l'extrême complexité du processus réactionnel pour un même individu.

MM. Couvreur et Chaovitch disent avoir fait, dès le mois de juin 1920, des constatations conduisant aux mêmes conclusions que les nôtres et par

([1]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 711.

des expériences, à leur avis, plus démonstratives. Nous supposons que ces auteurs ont voulu parler de la conclusion relative à la possibilité de destruction *in vitro* des microbes par le sang d'Insectes, et non de l'hypothèse que nous avons formulée pour expliquer le mécanisme de la réaction humorale. Mais le fait de la destruction *in vitro* des microorganismes par les humeurs des animaux, n'est pas nouveau : depuis longtemps, en effet, on sait que le sérum de rat blanc tue le bacille du charbon, que celui du lapin tue le bacille typhique, mais on sait aussi que ces manifestations de l'activité humorale ne sont pas en rapport avec l'immunité de ces animaux contre les maladies causées par ces bacilles. Dès la fin de l'hiver 1920, nous avions constaté nous-même que le sang des chenilles d'*A. segetum* pouvait détruire, *in vitro*, le *B. m. non liquefaciens* γ; mais le manque de chenilles ne nous avait pas permis de répéter nos expériences et de tirer les conclusions qui ont fait l'objet de nos dernières Notes. Nous rappelons, d'autre part, qu'en étudiant l'immunité des chenilles de *Lymantria dispar* contre le *B. picris non liquefaciens* α, en mai et juin derniers, nous avons conclu à l'impossibilité d'expliquer les réactions humorales de ces chenilles par l'action de bactériolysine (Note du 18 octobre 1920). L'hypothèse formulée au début de cette année, et qui ne s'applique qu'à un cas bien déterminé, a donc été préparée par une longue série d'observations; la destruction *in vitro* des microbes n'a été pour nous qu'un argument, le plus décisif sans doute, en faveur de cette hypothèse.

En ce qui concerne la valeur démonstrative des expériences de MM. Couvreur et Chaovitch, nous ferons les remarques suivantes :

1° Les deux auteurs ne nous disent pas si, après un contact de 24 ou 48 heures, le mélange de sang de ver à soie ou de suc de digestif et de bacilles pyocyaniques ou de colibacilles, est devenu stérile. Or, pour affirmer que les bacilles ont perdu leur vitalité, il ne suffit pas de montrer que l'un ne développe pas de fluorescence verte et que l'autre ne fait pas virer au canari le bouillon au rouge neutre. En effet, au cas fort probable où il se développe des microbes d'infection secondaire dans les bouillons ensemencés avec les mélanges, les produits de culture de ces microbes peuvent suffire à empêcher la production de pigment fluorescent par le bacille pyocyanique ou le virage du bouillon au rouge neutre par le colibacille, ou tout au moins, à masquer ces réactions. On sait qu'une modification légère de la composition des milieux de culture suffit pour empêcher le bacille pyocyanique de produire son pigment fluorescent. Nous possédons nous-même des microbes entomophytes, fluorescents ou chromogènes

qui, sans cause apparente, perdent momentanément leur fonction fluorescigène ou chromogène, au cours des ensemencements successifs. Le critérium de vitalité adopté par MM. Couvreur et Chaovitch ne saurait donc suffire pour apprécier l'action morbide des humeurs du ver à soie ou de la chrysalide sur les bacilles expérimentés.

2° Le sang ou le liquide cavitaire de la chrysalide n'ayant pas été débarrassé au préalable des éléments cellulaires, la destruction des bacilles, si elle est réelle, peut être due à des ferments cellulaires mis en liberté par ces éléments, à leur sortie de l'organisme.

Les deux auteurs concluent à l'action antiseptique du sang et du suc digestif de certains Invertébrés sur le bacille pyocyanique et le colibacille. Cette action, telle qu'elle paraît avoir été étudiée par eux, n'a que des rapports lointains avec la question de l'immunité chez les Invertébrés; il ne saurait, en effet, y avoir réaction de défense, que si la même action destructrice se manifestait *in vivo*. Or il n'est pas question de cette destruction dans la Note de MM. Couvreur et Chaovitch.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Le pouvoir réducteur des liquides organiques et des tissus de quelques animaux marins.* Note de M. **Raoul Bayeux**, présentée par S. A. S. le prince Albert de Monaco.

On sait qu'une solution aqueuse de bleu de méthylène se décolore au contact d'une substance réductrice et, en particulier, d'un tissu animal; une molécule d'eau est détruite, l'oxygène est mis en liberté selon la formule

$$\underbrace{C^{16}H^{18}Az^{3}SCl}_{\text{Méthylène bleu.}} + H^{2}O = \underbrace{C^{16}H^{20}Az^{3}SCl}_{\text{Méthylène incolore.}} + O.$$

Cette réaction a été appliquée par M. H. Roger à la mesure de l'activité réductrice des tissus de plusieurs animaux terrestres, avec la technique suivante : on mélange poids égaux d'un tissu broyé et d'eau bicarbonatée; on porte dans l'étuve à 38°; ensuite on laisse tomber dans le mélange quelques gouttes d'une solution aqueuse de bleu de méthylène; on agite le tout, et le tube mis au repos, on note le temps que ce mélange met à perdre sa couleur bleue. Ce temps est inversement proportionnel à l'activité réductrice du tissu.

Je viens d'appliquer cette technique à l'évaluation du pouvoir réducteur des éléments organiques de quelques animaux marins.

Pour diluer les tissus marins, ainsi que le bleu, j'ai remplacé par de l'eau de mer bicarbonatée, l'eau douce, qui donne des réductions trop lentes, et parfois nulles, pour des éléments organiques nettement actifs. J'ai aussi laissé les mélanges se réduire à la température ambiante de 14°, voisine de celle de la mer actuellement. J'avais observé que, dans l'étuve à 38°, certaines réductions devenaient trop rapides pour être chronométrables.

Mes animaux d'expérience ont été : le *Labrus*, la Roussette (*Scyllium catulus*), le Poulpe (*Octopus vulgaris*), le Calmar (*Loligo vulgaris*) et l'Oursin (*Strongylocentrotus lividus*).

Dans le Tableau suivant j'ai classé par ordre d'activités décroissantes les éléments dont j'ai déterminé le pouvoir réducteur.

Tissus et liqueurs organiques.	Temps de réduction.
	h m s
Sperme trituré d'Oursin	0. 3.40
Sperme non trituré d'Oursin	4.20
Sperme de Poulpe	9. 5
Glande nidamentaire inférieure de Seiche	9.30
Sperme de Calmar broyé dans les tubes séminifères	12
Pancréas de Seiche	13
Foie de Calmar mort	21
Foie de Seiche morte	23
Foie de Poulpe, décapité vivant	24
Foie exsangue de *Labrus* décapité vivant	25
Foie de Poulpe, mort récemment	26
Foie de Roussette, décapitée vivante	27
Pulpe de la glande nidamentaire supérieure de Seiche	35
Estomac de Seiche	41
Œufs triturés d'Oursin avec le liquide ovarien	48
Foie de Roussette asphyxique, vivante	49
Branchies de Seiche morte	50
Branchies de Poulpe, décapité vivant	52
Branchies de Calmar mort	54
Foie rouge vineux de *Labrus* mort	56
Foie de Roussette morte hors de l'eau	1. 5
Œufs triturés de Seiche	1.14
Œufs d'Oursin non triturés, avec le liquide ovarien	5
Œufs de Seiche non triturés	5
Œil de Seiche. Cristallin trituré en eau de mer	5.30
Œil de Seiche. Humeur vitrée pure	8

Ce Tableau montre que, selon le tissu étudié, les vitesses de réduction présentent d'énormes différences, allant de quelques minutes à plusieurs

heures. Ce qui frappe d'emblée, c'est la grande activité du sperme d'Oursin : 3 minutes 40 secondes (à l'étuve à 38°, j'ai vu la réduction de ce liquide se faire *en quelques secondes*). La trituration, mettant en liberté toutes ses réductases, lui donne le maximum de vitesse. On comprend ainsi que la pénétration d'un élément aussi actif dans l'œuf lui imprime une segmentation ultra-rapide. Plus lente est l'activité du sperme des Céphalopodes dont les œufs se développent beaucoup moins vite. Notons la grande activité de la pulpe de leurs glandes nidamentaires inférieures, qui doivent former rapidement la cuticule imperméable des œufs. En ce qui concerne le foie nous voyons que celui des Poissons est plus ou moins actif selon que l'animal a été décapité en état de vie ou en état de mort; dans ce dernier cas l'agonie a laissé, stagnant dans tous les organes, un sang coagulé chargé d'hémoglobine à divers degrés d'oxydation, laquelle retarde la réduction. Chez les Céphalopodes, au contraire, qui meurent rapidement hors de l'eau et qui ne possèdent pas d'hémoglobine, le pouvoir réducteur des foies est constant.

La même différence se retrouve entre les branchies des Poissons et celles des Céphalopodes; pour cet organe, j'ai même observé que *la réduction se fait aussi vite en eau douce qu'en eau de mer*, même chez les Poissons. Le tissu branchial est ainsi susceptible de s'adapter, selon les besoins de la vie de ces animaux, à des milieux de salinité très différente.

En ce qui concerne les œufs, ils sont peu ou point actifs, à moins qu'on ne brise leur cuticule. Leurs éléments vitaux sont inactifs tant qu'une force extérieure, ou la perforation faite par le spermatozoïde, ne l'a pas rompue. L'élément mâle fait pénétrer dans l'œuf des réductases d'activité intense, *qui produisent de l'oxygène disponible*.

En définitive, ainsi que le pensait Loeb, « l'activation de l'ovule s'accompagne d'*une augmentation des oxydations* dont le cytoplasme est le siège ». Mes expériences semblent confirmer cette théorie qui a joué un si grand rôle dans la parthénogénèse expérimentale.

MICROBIOLOGIE. — *Des leuco-agglutinines.*

Note de MM. M. **Weinberg** et **Léon Kepinow**, présentée par M. Roux.

Au cours de nos recherches sur les leucocidines, nous avons observé que les toxines microbiennes possèdent la propriété d'agglutiner les leucocytes du cobaye. Nous sommes surpris que ce fait n'ait pas encore été signalé. Il est cependant facile à observer avec la technique suivante :

Pour obtenir des leucocytes, on injecte dans le péritoine du cobaye 5^{cm^3} d'émulsion stérilisée de Mellin's food (10 pour 100). Il est préférable de se servir de cobayes préparés par une injection antérieure de 1^{cm^3} de la même substance. Le cobaye est saigné à blanc 14 à 16 heures après l'injection. On pratique ensuite une petite ouverture au niveau du péritoine, et l'on introduit dans la cavité abdominale 30^{cm^3} à 40^{cm^3} d'eau oxalatée (oxalate de soude à 1 pour 100).

L'exsudat péritonéal, en général, très riche en leucocytes (80 à 100000 par millimètre cube) est recueilli au moyen d'une pipette à boule. Conservé à la glacière, il peut servir pendant deux ou trois jours. Quelquefois les leucocytes sont plus facilement agglutinables 24 heures après leur préparation.

Pour pratiquer l'expérience, on verse dans de petits tubes $0^{cm^3},3$ à $0^{cm^3},5$ d'émulsion leucocytaire, $1^{cm^3},7$ à $1^{cm^3},5$ d'eau physiologique, puis des doses décroissantes ($0^{cm^3},3$, $0^{cm^3},2$, $0^{cm^3},1$, etc.) de toxine à étudier. Le mélange bien secoué est placé ensuite pendant 2 à 3 heures à l'étuve à 37°.

Pour bien observer la leuco-agglutination, il faut retourner une ou deux fois chaque tube de l'expérience, saisi entre l'index et le médius, et bouché avec le pouce.

Les leucocytes ont une tendance naturelle à s'agglutiner, mais cette légère auto-agglutination ne présente jamais l'intensité du phénomène observé après l'action de la toxine. Dans le tube où les leucocytes sont agglutinés, le liquide est clair, mais parsemé de flocons leucocytaires qui tombent rapidement au fond.

Les toxines que nous avons étudiées sont celles du *B. perfringens*, V. septique, *B. sporogenes*, *B. aerofœtidus*, *B. histolyticus*, *B. tetani*, *B. proteus*, B. diphtérique, B. de Pfeiffer, staphylocoque et pneumocoque. Le pneumocoque, le B. diphtérique et le V. septique donnent la leuco-agglutinine la plus active. Le *B. sporogenes* et le B. histolytique sont presque complètement inactifs. La leuco-agglutinine bactérienne est détruite par la chaleur (30 minutes au bain-marie à 58°-60°).

En général, le pouvoir leuco-agglutinant d'un microbe est d'autant plus fort que sa virulence est plus marquée. Ainsi, des quatre souches de pneumocoque mises à notre disposition par notre collègue M. Truche, les trois premières, très pathogènes, se sont montrées également très leuco-agglutinantes. Par contre, la quatrième, dépourvue de tout pouvoir pathogène, est restée sans action sur les leucocytes.

Il n'existe pas de rapport entre la propriété leuco-agglutinante d'un microbe et son pouvoir toxigène. Un microbe peu toxique, comme le pneumocoque, possède un très fort pouvoir agglutinant. Il n'existe pas non plus de rapport direct entre le pouvoir leucocidique et le pouvoir leuco-agglutinant. Un microbe peut produire une très petite quantité de leucocidine, tout en étant fortement leuco-agglutinant, comme c'est le cas du B. diphté-

rique. Pour d'autres, le pouvoir leuco-agglutinant croît avec le pouvoir leucocidique. Cependant, pour déceler ce pouvoir agglutinant, il est nécessaire d'employer des doses très faibles de toxine, car les doses fortes amènent rapidement la dégénérescence vacuolaire des leucocytes et empêchent ainsi leur agglutination.

L'action leuco-agglutinante des toxines microbiennes s'exerce également *in vivo*. Il suffit, pour le démontrer, d'injecter dans la cavité péritonéale des cobayes, préparés la veille avec du Mellin's food, une dose convenable de toxine. A l'autopsie, 2 heures après l'injection, on constate la formation d'énormes paquets de leucocytes agglutinés se trouvant dans la partie la plus déclive de l'intestin, collés soit à la surface de l'intestin, soit à celle du mésentère. Très souvent, il se détache de ces amas des filaments blanchâtres (formés quelquefois de leucocytes et de fibrine) qui atteignent les anses intestinales voisines et viennent se fixer sur la paroi abdominale. De gros flocons leucocytaires flottent quelquefois dans l'exsudat péritonéal.

Ces faits nous permettent de penser que les leuco-agglutinines microbiennes jouent un rôle dans le mécanisme de la formation des fausses membranes qu'on trouve dans les séreuses enflammées et dans certaines angines. Il se peut aussi que la leucopénie observée dans certaines maladies, ainsi que celle qui survient à la suite de l'ingestion de substances protéiques soit due à la leuco-agglutination *in vivo*. En effet, le sérum de cheval, le petit lait agglutinent les leucocytes lavés du cobaye. L'expérience de séro-leuco-agglutination doit se pratiquer avec des leucocytes lavés. La séro-leuco-agglutinine est détruite par le chauffage de 30 minutes à 60°-62°.

Quelques faits nous permettent de croire qu'il serait utile de revoir, à la lumière du phénomène de la leuco-agglutination, la question de l'anaphylaxie et celle de la chimiotaxie négative. Ainsi, les leucocytes des cobayes anaphylactisés sont beaucoup plus auto-agglutinables que ceux des cobayes normaux. Un autre fait curieux : l'exsudat péritonéal d'un cobaye injecté avec de la toxine du V. septique est pauvre en leucocytes et, cependant, la portion terminale des vaisseaux lymphatiques du mésentère est distendue par des leucocytes tassés les uns contre les autres; pas de leucocytes dans les espaces périlymphatiques.

Ainsi, si l'on s'était contenté d'examiner le liquide péritonéal, on aurait pu conclure à une chimiotaxie négative, alors qu'en réalité les leucocytes ont été attirés en masse dans le péritoine, mais arrêtés en route, bloqués par la leuco-agglutinine dans la partie terminale des lymphatiques.

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Géométrie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Georges Humbert* :

En première ligne . . . . M. ÉMILE BOREL
En seconde ligne . . . . M. HENRI LEBESGUE

En troisième ligne, ex æquo par ordre alphabétique . . . . MM. ÉLIE CARTAN, JULES DRACH, CLAUDE GUICHARD, ERNEST VESSIOT.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17 heures.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de février 1921.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco. Fascicule LV : *Madréporaires*, par Ch. Gravier; fascicule LVI : *Contribution à l'anatomie du* Simenchelys parasiticus *Gill*, par Maurice Jaquet. Imprimerie de Monaco, 1920; 2 vol. 36cm. (Présentés par S. A. S. le Prince de Monaco.)

Microbiologie appliquée à la transformation des produits agricoles, par E. Kayser. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1921; 1 vol. 19cm. (Présenté par M. E. Lindet.)

Microbiologie appliquée à la fertilisation du sol, par E. Kayser. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1921; 1 vol. 19cm. (Présenté par M. E. Lindet.)

Histoire naturelle des Trochilidæ (Synopsis et Catalogue), par Eugène Simon. Paris, L. Nulo, 1921; 1 vol. 28cm,5. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Les industries chimiques et la production générale en France, par E. Fleurent. Paris, librairie de l'enseignement technique, 1920; 1 vol. 19cm.

Esquisse d'une théorie nouvelle de la lumière, par Sten Lothigius. Stockholm, M.-Th. Dahlström, 1920; 1 fasc. 18cm.

Definition and resolution. par William H. Pickering. Reprinted from *Popular Astronomy*, 1920; 1 fasc. 25cm.

The Orthographic Projection of a Sphere, par William H. Pickering. Reprinted from *Popular Astronomy*, 1920; 1 fasc. 25cm.

O Problema das seccas do Nordeste resolvido por Luiz Mariano de Barros Fournier. Rio-de-Janeiro, Villas Boas, 1920; 1 vol. 23cm.